VŨ BÁ MINH - HOÀNG MINH NAM

QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ TRONG CÔNG NGHỆ HÓA HỌC

TẬP 2

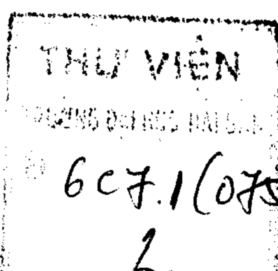
CƠ HỌC VẬT LIỆU RỜI





NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

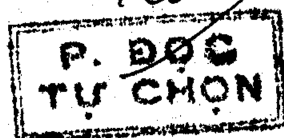
VŨ BÁ MINH - HOÀNG MINH NAM

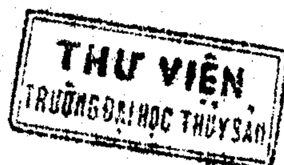


QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ TRONG CÔNG NGHỆ HÓA HỌC

TẬP 2

CƠ HỌC VẬT LIỆU RỜI







NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Lời nói đầu

Đây là quyển giáo trình thứ hai trong bộ giáo trình "Quá trình & Thiết bị trong công nghệ hóa học và thực phẩm" gồm 12 quyển do tập thể bộ môn Máy Thiết bị - Khoa Kỹ thuật Hóa Học biên soạn. Giáo trình có 5 chương: Tính chất chung của vật liệu rời, Sàng, Nghiền, Trộn và Vận chuyển vật liệu được các tác giả biên soạn lại dựa trên bài giảng đã giảng nhiều năm ở trường ĐHBK TP.HCM, các tài liệu tiếng Việt, Anh, Nga và các sổ tay giới thiệu của các công ty sản xuất thiết bị chuyên dùng ngành vật liệu rời.

Giáo trình này được sử dụng cho các sinh viên ngành hóa, thực phẩm và cán bộ hoạt động KHKT quan tâm đến lĩnh vực cơ vật liệu rời.

Mặc dù có rất nhiều cố gắng, giáo trình này được biên soạn không tránh khỏi những sai sót, các tác giả rất mong được các độc giả đóng góp ý kiến để hoàn chỉnh trong lần xuất bản sau.

BỘ MÔN MÁY THIẾT BỊ
KHOA KỸ THUẬT HÓA HỌC

Những giáo trình thuộc bộ "Quá trình & Thiết bị" do bộ môn Máy Thiết bị - Khoa Kỹ thuật Hóa học biên soạn, đã được Trường ĐHBK TP. HCM phát hành.

- **Tập 2 : Thiết bị cơ lưu chất**
  - **+ Quyển 1 : Khuấy - Lắng - Lọc (1997)**
  - **+ Quyển 2 : Bơm - Quạt (1997)**

- **Tập 3 : Truyền khối (1993)**

- **Tập 4 : Kỹ thuật phản ứng (1992)**

- **Tập 5 : Thiết bị truyền nhiệt (1992)**

- **Tập 7 : Kỹ thuật sấy (1994)**

- **Tập 10 : Ví dụ & Bài tập (1992)**

- **Tập 11 : Ví dụ và bài tập kỹ thuật lạnh (1997)**

- **Tập 13 : Chưng cất hỗn hợp nhiều cấu tử (1998)**

- **Tập 14 : Xử lý chất thải công nghiệp (1998)**

Chương 1

HẠT VÀ KHỐI HẠT

Chất rắn nói chung khó sử dụng hơn chất lỏng, chất khí hoặc hơi. Trong các quá trình chế biến, chất rắn có thể hiện diện ở nhiều dạng: cục to có góc cạnh, tấm mỏng dài hoặc bột mịn. Chất rắn có thể nóng, nhám, dòn, nhiều bụi, độc, dẻo hoặc dính. Tuy nhiên, bất chấp những tính chất trên và tốn nhiều công khi sử dụng, chất rắn vẫn được sử dụng nhiều trong các quá trình sản xuất.

Trong tài liệu này sẽ trình bày các quá trình xử lý vật liệu rắn như: đập nghiền, sàng, trộn, vận chuyển vật liệu rời. Trước khi đi vào khảo sát các quá trình trên trong từng chương tương ứng, ta tìm hiểu qua về tính chất của vật liệu.

§ 1.1. TÍNH CHẤT CỦA CHẤT RẮN

Trong các tính chất của chất rắn, các tính chất sau có ý nghĩa đặc biệt trong các quá trình xử lý.

(1) Khối lượng riêng: thường ký hiệu là ρ_h được định nghĩa là khối lượng của một đơn vị thể tích vật liệu và có đơn vị là kg/m^3 hoặc g/cm^3.

(2) Tỷ trọng: là tỷ số giữa khối lượng riêng của chất đó với khối lượng riêng của chất chuẩn. Với chất rắn và chất lỏng, chất chuẩn là nước ở 4°C.

(3) Khối lượng riêng xốp: hay mật độ, ký hiệu là ρ_b, được định nghĩa là khối lượng của vật liệu trong một đơn vị thể tích mà khối vật liệu chiếm chỗ. Khối lượng riêng xốp không là một đặc trưng bản chất của vật liệu vì nó thay đổi theo sự phân bố kích thước hạt và môi trường chung quanh. Độ xốp (hay rỗng) của vật liệu cũng ảnh hưởng đến khối lượng riêng xốp. Với một hạt đơn không xốp thì khối lượng riêng ρ_h bằng khối lượng riêng xốp ρ_b.

(4) Độ cứng: của một chất rắn như kim loại hay chất dẻo được định nghĩa là khả năng chống lại quá trình cắt. Với khoáng chất, độ cứng thường được định nghĩa là khả năng chống lại sự mài mòn và thường được biểu diễn theo thang Mohr trong đó dựa trên một số loại vật liệu có độ cứng tăng dần như sau:

1. Talc — 2. Gypsum(thạch cao)
3. Calcit — 4. Fluorit
5. Apatit — 6. Feldspar (trường thạch)
7. Quartz (thạch anh) — 8. Tepaz
9. Corundum, Sapphire — 10. Diamond (kim cương)

Mỗi khoáng chất trong danh sách sẽ gạch trầy xướt được các khoáng chất có độ cứng thấp hơn. Độ cứng của một khoáng chất được xác định bằng vật liệu mềm nhất vừa gạch trầy xướt khoáng chất đó. Vật liệu có độ cứng từ 1 đến 3 được xem là mềm, từ 4 đến 7 là trung bình và từ 8 đến 10 là cứng.

Bảng 1.1: Độ cứng của một số vật liệu

Chất rắn	Độ cứng	Chất rắn	Độ cứng
Sáp	0,02	Thủy tinh	4,5 - 6,5
Graphit	0,5 - 1,0	Apatit*	5
Talc*	1	Carbon black	5
Diatomic	1 - 1,5	Amiant	5
Nhựa đường	1,5	Thép	5 - 8,5
Chì	1,5	Lưỡi dao	5,2
Thạch cao*	2	Chromit	5,5
Tinh thể hữu cơ	2	Feldspar*	6
Soda ash	2	Ilmenit	6
Lưu huỳnh	2	Oxit sắt	6
Thiếc	2	Oxit Magne	5 - 6,5
Kẽm	2	Pyrit	6,5
Anthracit	2,2	Dioxit titan	6,5
Bạc	2,5	Quartz (silica)*	7
Borax	2,5	Granit	7
Kaolin	2,5	Topaz*	8
Bicarbonat soda	2,5	Corundum*	9
Nhôm	2 - 3	Sapphire	9
Calcit*	3	Bột mài	9
Bauxit	3	Alumina	9,25
Mica	3	Carbur tantalum	9,3
Barit	3,3	Carbur titanium	9,4
Đồng thau	3 - 4	Carbur silicon	9,4
Fluorit*	4	Kim cương*	10
Sắt	4 - 5		
Oxit kẽm	4,5		

(*) Các khoáng chất dùng làm chuẩn trong bảng Mohr.

(5) Tính dòn, dễ vỡ là tính chất của vật liệu bị vỡ khi va đập . Độ cứng không là tiêu chuẩn để có tính dòn. Sừng, một số chất dẻo, thạch cao mềm và dai nhưng không dễ vỡ khi va đập. Than mềm và dễ vỡ. Ngược lại tính dòn, vật liệu có tính dai là tính chất của hợp kim chống va đập.

Cấu trúc và kích thước tinh thể ảnh hưởng đến tính dòn. Cấu trúc còn quyết định hình dạng của hạt khi vỡ ra trong quá trình nghiền. Ví dụ galen (PbS) vỡ thành các hình khối vuông, mica vỡ thành miếng mỏng, magnetit vỡ thành các hạt tròn. Những mặt theo đó vật liệu vỡ ra gọi là mặt tách. Khi kim loại và hợp kim chịu một lực nén quá ứng suất của chúng thì xảy ra quá trình vỡ tương tự trong tinh thể nhưng các tinh thể này không tách rời nhau mà chúng chỉ biến dạng. Gỗ và amian là vật liệu dạng sợi không có mặt tách nên không thể nghiền mà chỉ có thể chặt băm hoặc xé .

(6) Tính ma sát: là tính chất chống lại quá trình trượt của vật liệu này trên vật liệu khác. Hệ số ma sát là tỉ số giữa lực song song với mặt ma sát theo chiều chuyển động để duy trì vận tốc không đổi với lực thẳng góc với mặt ma sát và chiều chuyển động.

(7) Năng lượng bề mặt: Năng lượng bề mặt tự do của một chất rắn là độ đo công thực hiện để tạo nên một đơn vị diện tích bề mặt của chất rắn đó và thường được biểu diễn theo đơn vị erg/cm^2. Với chất rắn, bề mặt càng cứng và độ tan chảy càng cao, năng lượng bề mặt càng lớn. Kim cương có năng lượng bề mặt từ trên 5500 đến 9800 erg/cm^2. Trong khi muối chỉ có năng lượng bề mặt khoảng 155 erg/cm^2. Ngoài ra tăng nhiệt độ hoặc áp suất sẽ hạ thấp năng lượng bề mặt. Bảng 1.2 cho thấy năng lượng bề mặt cho một số loại vật liệu. Năng lượng bề mặt riêng của một số chất rắn có thể tăng gấp 8000 lần khi từ kích thước khoảng 10 mm giảm xuống còn 1 micron. Như vậy hạt càng mịn năng lượng bề mặt càng cao do đó ảnh hưởng càng lớn đến tính lưu chuyển của vật liệu

Bảng 1.2: Năng lượng bề mặt tự do cho một số loại vật liệu

Loại vật liệu	Năng lượng bề mặt, erg/cm^2
Chất rắn cứng,độ tan chảy cao gồm kim loại, oxit kim loại, silica, alumina, thủy tinh	500 - 5000
Chất rắn vô cơ mềm hơn	100 - 500
Chất rắn hữu cơ	<100
Chất lỏng thông thường	<100

(8) Tính hút ẩm: Đây là tính chất chung biểu diễn khuynh hướng của chất rắn hút ẩm từ môi trường chung quanh lên bề mặt chất rắn để đóng bánh, vón cục. Tính chất hút ẩm của vật liệu được biểu diễn bằng độ ẩm tới hạn của vật liệu. Các loại muối dễ tan rã khi hút ẩm sẽ gây khó khăn khi nhập liệu ở trạng thái khô. Trong trường hợp này hệ thống nhập liệu kín cần thiết phải tạo lớp màng khí trơ, chẳng hạn N_2, để tránh hút ẩm. Bảng 1.3 trình bày độ ẩm tới hạn của một số chất rắn thông thường.

(9) Lực tĩnh điện: Lực tĩnh điện tạo nên sự dính kết của các hạt và do đó ảnh hưởng đến tính lưu chuyển của vật liệu. Nói chung, các loại bột phi kim loại, các oxid acid có điện

tích dương, các loại bột kim loại, các oxid baze có điện tích âm. Điện tích của các muối tùy thuộc vào độ mạnh tương đối của các acid và baze tạo nên muối đó.

(10) Hoạt động bề mặt: Vật liệu không bền có khuynh hướng biến đổi thành dạng bền hơn. Những biến đổi hóa học hoặc vật lý như vậy trên bề mặt hạt là yếu tố làm tăng nhanh quá trình kết khối vật liệu khi chứa trong bồn. Biết rõ tính hoạt động bề mặt của vật liệu sẽ giúp cho việc xử lý hữu hiệu vật liệu rời.

Bảng 1.3: Độ ẩm tới hạn cho một số chất rắn.

Chất rắn	Nhiệt độ °C	Độ ẩm tới hạn%	Chất rắn	Nhiệt độ °C	Độ ẩm tới hạn%
$NaOH.H_2O$	25	7	$NaCl$	30	75
$CaCl_2.6H_2O$	20	32	$NaCl$	20	76
$CaCl_2.6H_2O$	10	38	NH_4Cl	30	77
$K_2CO_3.2H_2O$	25	43	NH_4Cl	20	79
KNO_3	20	45	NH_4SO_4	25	81
$Na_2Cr_2O_7.2H_2O$	20	52	NH_4SO_4	20	81
$NaHSO_4.H_2O$	20	52	NH_4SO_4	10	80
$CaCl_2$	20	58	Na_2CO_3	25	85
$AlCl_3$	20	58	$Na_2CO_3.10H_2O$	25	87
$NaNO_3$	30	59	Na_2SO_4	25	85
$NaNO_3$	20	66	$Na_2SO_4.10H_2O$	20	93
$NaNO_3$	10	75	K_2SO_4	30	96
$NaNO_2$	20	66	NaF	100	96
$NaHCO_3$	25	68	$CuSO_4.5H_2O$	25	97
$NaClO_3$	20	70	$CaSO_4.2H_2O$	20	98
$CO(NH_2)_2$	30	73			
NH_4NO_3	10	75			

§ 1.2 ĐẶC TRƯNG CỦA VẬT LIỆU RỜI

Hạt vật liệu rời được đặc trưng bằng kích thước, hình dạng và khối lượng riêng của chúng. Các hạt vật liệu đồng chất có khối lượng riêng bằng khối lượng riêng của vật liệu trong toàn khối. Các hạt được tạo nên từ việc đập vỡ một chất rắn tổng hợp, chẳng hạn

quặng có chứa kim loại, sẽ có khối lượng riêng khác nhau và khác với khối lượng riêng của vật liệu toàn khối. Với những hạt đều như hình cầu hoặc hình khối thì việc xác định kích thước và hình dạng tương đối dễ dàng, nhưng đối với những hạt bất kỳ (như hạt cát hoặc các mảnh mica) thì kích thước và hình dạng không rõ ràng và chỉ được xác định một cách tương đối.

1.2.1 Hình dạng hạt:

Hình dạng của một hạt vật liệu rời được biểu diễn bằng đại lượng gọi là thừa số hình dạng λ độc lập với kích thước hạt. Thừa số λ liên hệ đến kích thước định nghĩa chính của hạt như sau: Đặt chiều dài của một kích thước được chọn tương đối là D_h, gọi là đường kính hạt. Như vậy với hình khối D_h là cạnh và hình cầu D_h là đường kính, do đó thể tích và diện tích bề mặt của hình khối là D_h^3, và $6D_h^2$, của hình cầu là $(\pi/6)\,D_h^3$ và $\pi\,D_h^2$. Với hai hình dạng này tỉ số diện tích bề mặt và thể tích đều bằng $6/D_h$.

Thể tích của một hạt có hình dạng bất kỳ là

$$v_h = a\,D_h^3 \tag{1.1}$$

và diện tích bề mặt là

$$s_h = 6b\,D_h^2 \tag{1.2}$$

với a và b là các hằng số hình học chỉ tùy thuộc vào hình dạng hạt. Từ (1.1) và (1.2) ta có tỉ số giữa thể tích và diện tích bề mặt là:

$$\frac{v_h}{s_h} = \frac{D_h}{6(b/a)} = \frac{D_h}{6\lambda} \tag{1.3}$$

Theo định nghĩa thừa số hình dạng $\lambda = b/a$

Thừa số hình dạng λ bằng một cho các hạt có hình dạng khối, hình cầu, hình trụ có chiều dài bằng đường kính. Với những hạt có hình dạng bất kỳ như trong bảng 1.2, λ lớn hơn một. Với nhiều loại vật liệu nghiền λ thường từ 1,5 đến 1,7. Các vật chêm thường có λ từ 5 đến 7.

Bảng 1.4: Thừa số hình dạng λ cho một số vật liệu.

Vật liệu	λ	Vật liệu	λ
Hình cầu, hình khối, hình trụ ngắn (L=D)	1,0	Cát có góc cạnh	1,5
Cát tròn	1,2	Thủy tinh nghiền	1,5
Bụi than	1,4	Vẩy mica	3,6

1.2.2 Kích thước hạt

Nói chung, "đường kính" được xác định cho các hạt có kích thước bằng nhau. Với những hạt có kích thước không bằng nhau thường được đặc trưng bằng kích thước lớn thứ hai. Ví dụ với vật liệu có dạng sợi, D_h được xem như là bề dày của hạt.

Một cách khác để xác định kích thước hạt là dùng "đường kính tương đương ", đó là đường kính của hạt hình cầu có cùng tỉ số diện tích bề mặt với thể tích. Như vậy theo (1.3), đường kính tương đương là:

$$D_{h,td} = 6\frac{v_h}{s_h} = \frac{D_h}{\lambda} \qquad (1.4)$$

Theo qui ước, đường kính hạt được biểu diễn theo các đơn vị khác nhau tùy thuộc vào cỡ hạt. Với hạt thô là cm, với hạt mịn là kích thước rây, hạt rất mịn theo micron hoặc milimicron, hạt siêu mịn thường được biểu diễn theo diện tích bề mặt cho một đơn vị khối lượng hạt, m^2/g.

1.2.3 Các hệ rây chuẩn:

1. Hệ rây Tyler:

Các rây được làm bằng các sợi đan và được tiêu chuẩn hóa. Thường dùng từ mesh để chỉ số lỗ trên chiều dài là 1 inch. Ví dụ rây 10 mesh sẽ có 10 lỗ trên chiều dài 1 inch và đường kính lỗ rây sẽ bằng 0,1 inch trừ đi đường kính sợi đan.

Do đó số mesh chỉ là kích thước danh nghĩa của một rây, nó không cho biết kích thước thật của lỗ rây nếu không biết đường kính sợi đan của nhà sản xuất. Hệ rây chuẩn sẽ gồm một chuỗi các rây kế tiếp nhau có kích thước lỗ rây là cấp số nhân với hệ số là $\sqrt{2}$. Nếu muốn có các kích thước rây gần hơn người ta thêm vào giữa các rây chuẩn trên các rây sao cho kích thước lỗ rây tạo thành cấp số nhân có hệ số là $\sqrt[4]{2}$. (Bảng 1.3). Hệ rây chuẩn Tyler dựa trên rây chuẩn 200 mesh có đường kính lỗ là 0,074mm. (Bảng 1.5)

Bảng 1.5: Hệ rây chuẩn Tyler

Khoảng cách chuẩn $=\sqrt{2}$, lỗ rây, in	Khoảng cách hai rây = $\sqrt[4]{2}$,cho hệ rây khít hơn			
	Lỗ rây,in	Lỗ rây,mm	Số Mesh	Đường kính sợi, in
1.050	1.050	26.67	.....	0.148
	0.883	22.43	.....	0.135
0.742	0.742	18.85	.....	0.135
	0.624	15.85	.....	0.120
0.525	0.525	13.33	.....	0.105
	0.441	11.20		0.105
0.371	0.371	9.423	.....	0.092
	0.312	7.925	2.5	0.088
0.263	0.263	6.680	3	0.070
	0.221	5.613	3.5	0.065
0.185	0.185	4.699	4	0.065
	0.156	3.962	5	0.044
0.131	0.131	3.327	6	0.036
	0.110	2.794	7	0.0326
0.093	0.093	2.362	8	0.032
	0.078	1.981	9	0.033
0.065	0.065	1.651	10	0.035
	0.055	1.397	12	0.028
0.046	0.046	1.168	14	0.025
	0.0390	0.991	16	0.0235
0.0328	0.0328	0.833	20	0.0172
	0.0276	0.701	24	0.0141
0.0232	0.0232	0,589	28	0.0125
	0.0195	0.495	32	0.0118
0.0164	0.0164	0.417	35	0.0122
	0.0138	0.351	42	0.0100
0.0116	0.0116	0.295	48	0.0092
	0.0097	0.248	60	0.0070
0.0082	0.0082	0.208	65	0.0072
	0.0069	0.175	80	0.0056
0.0058	0.0058	0.147	100	0.0042
	0.0049	0.124	115	0.0038
0.0041	0.0041	0.104	150	0.0026
	0.0035	0.088	170	0.0024
0.0029	0.0029	0.074	200	0.0021
	0.0024	0.061	230	0.0016
0.0021	0.0021	0.053	270	0.0016
	0.0017	0.043	325	0.0014
0.0015	0.0015	0.038	400	0.0010

1.2.4. Phân tích rây và kích thước của một hỗn hợp hạt:

1.2.4.1. Phương pháp thực hiện một phân tích rây:

Khi thực hiện phân tích rây, bộ rây được thổi sạch bụi hoặc các hạt dính vào lỗ rây, sau đó xếp theo thứ tự rây có lỗ lớn ở trên và rây có lỗ nhỏ ở dưới, như vậy nếu sử dụng đầy đủ bộ rây chuẩn thì rây 3 mesh trên cùng và dưới cùng là rây 200 mesh được đặt trên hộp để hứng sản phẩm qua rây. Cân lượng vật liệu cần phân tích rây đặt lên rây trên cùng. Toàn bộ rây được đặt lên một máy tạo rung hoặc chuyển động. Sau một thời gian chuyển động, lấy lượng bột mịn trong hộp (qua rây 200 mesh) ra khỏi hộp và lại cho chuyển động tiếp. Khi không còn lượng bột mịn qua rây 200 mesh thì quá trình rây là hoàn tất. Đem cân lượng vật liệu bị giữ lại trên mỗi rây. Như vậy lượng vật liệu qua rây 100 mesh và bị giữ lại trên rây 150 mesh được chỉ danh là phần 100/150 hay - 100 + 150.

Những yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phân tích rây là lượng vật liệu cho vào rây quá nhiều làm cho lớp vật liệu bên trên không đến được mặt rây hoặc lực tĩnh điện làm cho các hạt dính kết vào nhau không qua được lỗ rây. Ngoài ra độ ẩm của vật liệu cũng có thể làm vật liệu dính kết vào nhau. Để tránh việc dính kết vật liệu ta có thể rây ướt.

1.2.4.2. Trình bày kết quả phân tích rây:

Kết quả phân tích rây trình bày trên bảng cho thấy phân khối lượng của vật liệu bị giữ trên mỗi rây là hàm số theo khoảng gia tăng số mesh giữa hai rây. Cách trình bày này gọi là phân tích rây vi phân (Bảng 1.6). $\Delta\Phi_n$ là phân khối lượng của vật liệu bị giữ trên rây n (theo thứ tự từ rây trên xuống), D_{hn} là đường kính hạt bằng đường kính của lỗ rây thứ n.

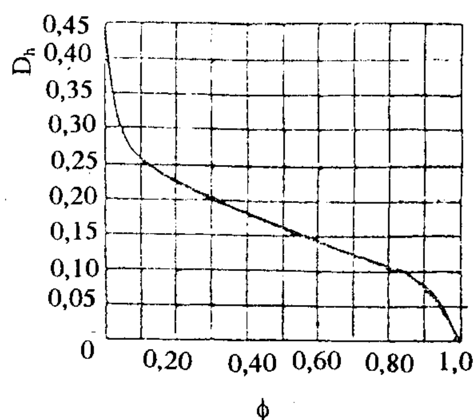
Bảng 1.6. Phân tích rây vi phân tiêu biểu

Số mesh	$\Delta\Phi_n$	D_h, cm	Số mesh	$\Delta\Phi_n$	D_h, cm
4/6	0,0251	0,3327	35/48	0,0102	0,0295
6/8	0,1250	0,2362	48/65	0,0077	0,0208
8/10	0,3207	0,1651	65/100	0,0058	0,0147
10/14	0,2570	0,1168	100/150	0,0041	0,0104
14/20	0,1590	0,0833	150/200	0,0031	0,0074
20/28	0,0538	0,0589	hộp	0,0075	
28/35	0,0210	0,0417			

Cách biểu diễn thứ hai kết quả phân tích rây là bảng phân tích rây tích lũy. Kết quả phân tích rây tích lũy nhận được bằng cách cộng tích lũy lần lượt các kết quả phân tích rây vi phân bắt đầu từ rây trên cùng. Nếu định nghĩa Φ theo phương trình

$$\Phi = \Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2 + \ldots + \Delta\Phi_{n_T} = \sum_{n=1}^{n_T} \Delta\Phi_n \tag{1.5}$$

phân tích tích lũy là quan hệ giữa Φ và D_h với D_h là kích thước của rây n. Đại lượng Φ là phân khối lượng của mẫu gồm các hạt có kích thước lớn hơn D_h. Giá trị của Φ cho toàn bộ mẫu là bằng một. Phân tích tích lũy tương ứng với phân tích vi phân ở bảng 1.6 được trình bày trong bảng 1.7 và hình 1.1.



Hình 1.1: Phân tích rây tích lũy

Bảng 1.7. Phân tích rây tích lũy

Mesh	D_h,cm	Φ	Mesh	D_h,cm	Φ
4	0,4699	0	35	0,0417	0,9616
6	0,3327	0,0251	48	0,0295	0,9718
8	0,2362	0,1501	65	0,0208	0,9795
10	0,1651	0,4708	100	0,0147	0,9853
14	0,1168	0,7278	150	0,0104	0,9894
20	0,0833	0,8868	200	0,0074	0,9925
28	0.0589	0,9406	hộp		1,0000

1.2.4.3. Các tính toán dựa trên kết quả phân tích rây:

Một trong hai kết quả phân tích rây ở trên có thể được dùng để tính diện tích bề mặt và số hạt của một hỗn hợp. Nếu dùng phân tích rây vi phân thì ta giả sử rằng tất cả các hạt bị giữ trên một rây là đồng nhất kích thước và kích thước đó bằng trung bình cộng giữa kích thước rây đó và rây liền trên. Ví dụ kích thước của rây chuẩn 10 và 14 mesh lần lượt là 0,1651 và 0,1168cm thì phần vật liệu 10/14 giả sử gồm các hạt có cùng kích thước bằng (0,1651 + 0,1168) / 2 = 0,1410cm.

Ta dùng $\overline{D}$ để chỉ giá trị đường kính trung bình này. Nếu dùng phân tích rây tích lũy thì hàm Φ theo D_h được xem như liên tục. Về nguyên tắc phân tích rây tích lũy chính xác hơn vì không cần phải giả sử các hạt trên một rây có cùng kích thước.

(1) **Diện tích bề mặt riêng của hỗn hợp:** Trong một mẫu hạt có kích thước đồng nhất D_h, tổng thể tích của các hạt là m/ρ_h trong đó m và ρ_h lần lượt là tổng khối lượng của mẫu và khối lượng riêng của hạt. Vì thể tích của hạt là $a D_h^3$ nên số hạt trong hỗn hợp là:

$$N = \frac{m / \rho_h}{a D_h^3} \tag{1.6}$$

Tổng diện tích bề mặt của các hạt là:

$$A = N\,s_h = \frac{m/\rho_h}{a\,D_h^3} \times 6\,b\,D_h^2 = \frac{6\,\lambda\,m}{\rho_h\,D_h} \qquad (1.7)$$

Giả sử biết trước ρ_h và các thừa số hình dạng a và b và các đại lượng này độc lập với kích thước hạt. Nếu sử dụng phân tích rây vi phân thì diện tích bề mặt của các hạt trong một phần được xác định theo (1.7) và cộng kết quả các phần sẽ được A_w là tổng diện tích bề mặt của một đơn vị khối lượng mẫu.

$$A_w = \frac{6\lambda\Delta\Phi_1}{\rho_h\overline{D}_1} + \frac{6\lambda\Delta\Phi_2}{\rho_h\overline{D}_2} + \dots + \frac{6\lambda\Delta\Phi_{N_t}}{\rho_h\overline{D}_{N_t}} = \frac{6\,\lambda}{\rho_h}\sum_{n=1}^{N_t}\frac{\Delta\Phi_n}{\overline{D}_n} \qquad (1.8)$$

trong đó n_T là tổng số rây, $\overline{D}_n$ là trung bình cộng của D_{h_n} và $D_{h_{(n-1)}}$.

Nếu dùng phân tích rây tích lũy, phương trình (1.7) được viết dưới dạng vi phân và tổng diện tích bề mặt được xác định bằng cách lấy tích phân giữa hai giới hạn $\Phi = 0$ và $\Phi = 1{,}0$

$$A_w = \frac{6\lambda}{\rho_h}\int_0^{1,0}\frac{d\Phi}{D_h} \qquad (1.9)$$

(2) **Đường kính trung bình của hạt:**

Đường kính trung bình của hạt trong một hỗn hợp hạt được định nghĩa theo nhiều cách. Đường kính trung bình theo diện tích bề mặt $\overline{D}_s$ liên hệ đến diện tích bề mặt A_w theo biểu thức sau

$$\overline{D}_s = \frac{6\lambda}{A_w\,\rho_h} \qquad (1.10)$$

Đường kính trung bình số học được định nghĩa là

$$\overline{D}_N = \frac{\int_0^{N_w} D_h\,dN}{N_w} \qquad (1.11)$$

với N_w là số hạt trong một đơn vị khối lượng mẫu [phương trình (1.13) và (1.14)]

Đường kính trung bình khối lượng được định nghĩa là

$$\overline{D}_w = \int_0^{1,0} D_h\,d\Phi \qquad (1.12)$$

Với những mẫu gồm các hạt đồng nhất các đường kính trung bình này lẽ dĩ nhiên sẽ bằng nhau

(3) Số hạt trong hỗn hợp: Nếu sử dụng phân tích vi phân, phương trình (1.6) được dùng để tính số hạt trong một phần và tổng số hạt N_w trong một đơn vị khối lượng mẫu sẽ là tổng số hạt trong các phần.

$$N_w = \frac{\Delta\Phi_1}{a\rho_h \overline{D}_1^3} + \frac{\Delta\Phi_2}{a\rho_h \overline{D}_2^3} + ... + \frac{\Delta\Phi_{N_t}}{a\rho_h \overline{D}_{n_T}^3} = \frac{1}{a\rho_h} \sum_{n=1}^{n_T} \frac{\Delta\Phi_n}{\overline{D}_n^3} \qquad (1.13)$$

Với phân tích tích lũy, phương trình (1.13) được viết như sau

$$N_w = \frac{1}{a\rho_h} \int_0^{1,0} \frac{d\Phi}{D_h^3} \qquad (1.14)$$

1.2.4.4 Xác định kích thước hạt mịn:

Đối với hạt quá mịn so với kích thước rây thì đường kính hạt được xác định bằng phương pháp khác như lắng riêng phần, đo độ rỗng trong tầng vật liệu, hấp phụ khí trên bề mặt hạt và bằng mắt thường qua kính hiển vi. Đôi khi ta có thể ngoại suy số liệu phân tích rây để tiên đoán sự phân bố kích thước cho phần vật liệu dưới kích thước rây. Phương pháp này sẽ được trình bày trong chương hai.

§ 1.3 NHỮNG TÍNH CHẤT CỦA KHỐI HẠT

Một khối hạt vật liệu rời, đặc biệt khi hạt khô và không dính, có nhiều tính chất giống như một lưu chất. Khối hạt tạo nên áp suất ở các phía và lên vách thùng chứa, có thể chuyển động qua khe hở hoặc máng nghiêng. Tuy nhiên khối hạt và lưu chất có những điểm khác nhau như sau: các hạt có thể lồng (bắc cầu) vào nhau dưới tác động của áp suất và không thể trượt lên nhau cho đến khi lực tác động đạt đến một giá trị đáng kể. Hạt và khối hạt thường chống lại sự biến dạng, nhưng khi lực tác động đủ lớn thì lớp hạt này sẽ trượt lên lớp hạt khác xuất hiện sự ma sát đáng kể. Có sự tương tự giữa dòng chuyển động có vật liệu rời và dòng chuyển động của chất lỏng dẻo phi Newton.

Khối hạt có những tính chất đặc biệt như sau:

1 - Áp suất không bằng nhau trong mọi phía. Nói chung, áp suất tác động vào một phía sẽ tạo nên các áp suất ở các phía khác nhưng luôn nhỏ hơn áp suất tác động và tối thiểu theo phương pháp tuyến với áp suất tác động.

2 - Ứng suất tác động lên bề mặt khối hạt sẽ được truyền đi khắp khối hạt tĩnh trừ khi khối hạt bị rỗng.

3 - Mật độ của khối hạt thay đổi theo độ nén chặt của khối hạt.

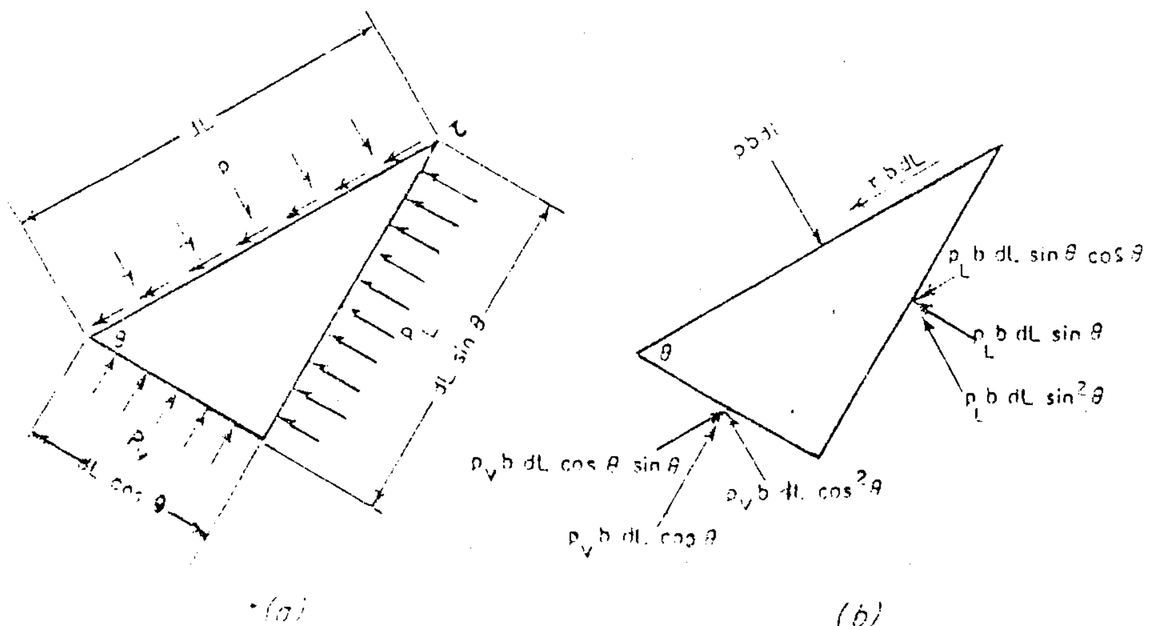
Tùy thuộc vào tính chất lưu chuyển của khối hạt mà vật liệu rời được chia làm hai loại: dính kết và không dính kết. Vật liệu không dính kết như hạt ngũ cốc, cát... sẵn sàng chuyển

động ra khỏi thùng chứa hoặc silo. Vật liệu dính kết như đất sét ướt đặc trưng bởi trở lực chống lại chuyển động của vật liệu.

1.3.1. Áp suất trong khối hạt:

Áp suất trong khối hạt theo phương pháp tuyến với áp suất tác động thì có giá trị cực tiểu. Trong một khối hạt đồng nhất tỉ số giữa áp suất pháp tuyến và áp suất tác động bằng hằng số K', đó là một thông số đặc trưng cho vật liệu. K' tùy thuộc vào hình dạng và khuynh hướng lồng vào nhau của các hạt, vào tính kết dính giữa bề mặt các hạt và mức độ nén chặt của khối hạt. K' gần như độc lập với kích thước hạt trừ khi hạt rất nhỏ và không còn lưu chuyển tự do.

Nếu gọi áp suất tác động là p_v và áp suất pháp tuyến là p_L, áp suất p tại một góc bất kỳ được xác định như sau: Xét một tam giác vuông góc vi cấp có bề dày b và cạnh huyền dL (hình 1.2). Áp suất p_v và p_L tác động lần lượt lên hai cạnh góc vuông. Ở điều kiện cân bằng các áp suất không bằng nhau p_v và p_L không thể cân bằng với một áp suất p; do đó phải xuất hiện một ứng suất τ. Các lực tạo nên do ứng suất này được trình bày trên hình 1.2b



Hình 1.2: Ứng suất và lực trong khối hạt
a) Ứng suất b) Lực

Cân bằng thành phần các lực theo phương thẳng góc với cạnh huyền

$$pbdL = p_L\, b\, dL\sin^2\theta + p_v\, b\, dL\cos^2\theta \quad (1.15)$$

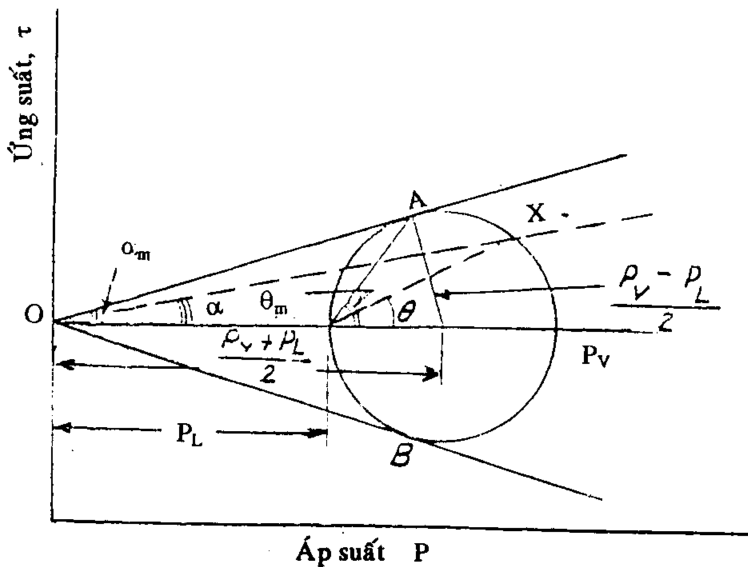
Chia tất cả cho bdL và $\sin^2\theta = 1 - \cos^2\theta$

$$p = (p_v - p_L)\cos^2\theta + p_L \quad (1.16)$$

Tương tự, ta có cân bằng các thành phần lực song song với cạnh huyền

$$\tau = (p_v - p_L)\cos\theta \,.\, \sin\theta \tag{1.17}$$

Khi $\theta = 0°$, $p = p_v$, khi $\theta = 90°$, $p = p_L$. Trong cả hai trường hợp này $\tau = 0$. Tại một góc θ trung gian sẽ có một ứng suất theo phương thẳng góc với p. Nếu các giá trị tương ứng của p và τ được vẽ ứng với các giá trị của θ thì đường biểu diễn là một vòng tròn có bán kính là $p = (p_v - p_L)/2$ là tâm của vòng tròn nằm trên trục hoành với hoành độ là $p = (p_v + p_L)/2$. Giản đồ được trình bày trên hình 1.3 và gọi là vòng tròn ứng suất Mohr.



Hình 1.3: Giản đồ ứng suất Mohr cho các hạt rắn không dính kết

Tỉ số giữa τ và p tại một vị trí bất kỳ θ là tang của góc α tạo bởi trục p và đường Ox qua gốc tọa độ và điểm (p, τ). Khi θ tăng từ 0 - 90°, tỉ số τ với p tăng tới điểm cực đại rồi giảm. Điểm cực đại đạt được khi đường thẳng qua gốc tiếp xúc với vòng tròn ứng suất (đường OA trên hình 1.3) Trong trường hợp này α đạt đến giá trị cực đại θ_m. Từ hình 1.3 cho thấy

$$\sin\alpha_m = \frac{(p_v - p_L)/2}{(p_v + p_L)/2} = \frac{p_v - p_L}{p_v + p_L} \tag{1.18}$$

Các đường OA và OB tiếp xúc với tất cả các vòng tròn ứng suất với các giá trị p_v tương ứng cho vật liệu không kết dính. Chúng tạo nên *bao hình đổ vỡ Mohr*. Với chất rắn kết dính và khối hạt thì các tiếp tuyến tạo nên bao hình không đi qua gốc tọa độ mà cắt trục tung ở một điểm trên hoặc dưới trục hoành.

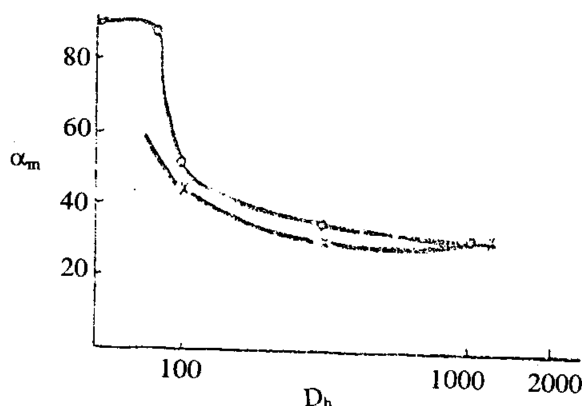
Tỉ số giữa áp suất pháp tuyến với áp suất tác động p_L / p_v bằng K'. Vậy

$$\sin\alpha_m = \frac{1 - K'}{1 + K'} \tag{1.19}$$

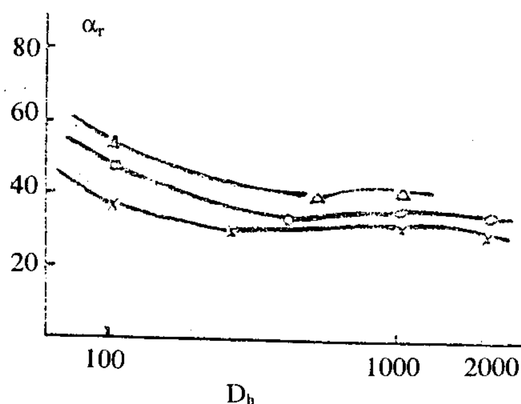
và $$K' = \frac{1 - \sin\alpha_m}{1 + \sin\alpha_m} \qquad (1.20)$$

1.3.2. Các góc đặc trưng:

Góc α_m gọi là *góc ma sát trong của vật liệu*. Tang của góc α_m gọi là hệ số ma sát trong của vật liệu. Hay nói cách khác đó là góc hợp bởi mặt phẳng cụ thể nghiêng so với mặt nằm ngang tại đó hạt bắt đầu trượt. Do sức căng bề mặt, lực tĩnh điện, lực lưỡng cực và Van der Waals giữa hạt và bề mặt có ảnh hưởng đáng kể khi hạt nhỏ hơn 150 μ nên góc ma sát phụ thuộc nhiều vào đường kính hạt. Thí dụ, trên mặt thủy tinh loại bột có tính kết dính như dioxit magnesium có đường kính nhỏ hơn 100 μ thì góc ma sát $\geq 90°$ điều này hàm ý là hệ số ma sát lớn vô cùng. Hệ số ma sát tăng khi đường kính giảm được trình bày trên hình 1.4 cho magnesia và bột lactose sấy phun.



Hình 1.4
Ảnh hưởng của kích thước hạt trên góc ma sát



Hình 1.5
Ảnh hưởng của kích thước hạt trên góc nghiêng tự nhiên của một số vật liệu

Khi hạt được đổ đống trên mặt phẳng sẽ tạo nên khối hình nón, góc tạo bởi đường sinh và mặt phẳng ngang gọi là *góc nghiêng tự nhiên ở trạng thái tĩnh*, α_r. Góc nghiêng tự nhiên được đo ở điều kiện động học được gọi là *góc nghiêng tự nhiên động học*. Góc nghiêng tự nhiên động học được xác định bằng cách quan sát thùng tròn quay trong có chứa hạt tạo thành một mặt nghiêng trên đó hạt trượt trơn và liên tục. Thường thì góc nghiêng tự nhiên động nhỏ hơn góc nghiêng tự nhiên tĩnh từ 1 đến 5° tùy thuộc trên bản chất của vật liệu, sự phân bố kích thước hạt và điều kiện tiến hành hai phép đo. Góc nghiêng tự nhiên cũng chịu ảnh hưởng bởi đường kính hạt, ảnh hưởng này được trình bày trên hình 1.5 cho ba loại vật liệu là lactose sấy phun, cát và sulphathiazon.

Nếu khối hạt hoàn toàn đồng nhất α_r sẽ bằng α_m. Trong thực tế góc nghiêng tự nhiên thường nhỏ hơn góc ma sát trong vì các hạt tại bề mặt khô hơn và ít kết dính, không nén chặt bằng các hạt ở bên trong khối hạt. Các hạt tròn, trơn sẽ có góc nghiêng tự nhiên nhỏ,

với hạt mịn, có góc cạnh và có tính kết dính sẽ có góc nghiêng tự nhiên lớn. K' bằng không cho chất rắn có tính kết dính. Với vật liệu hạt có tính lưu chuyển tự do K' thường từ 0,35 đến 0,60 tương ứng với α_m từ 15° đến 30°.

§ 1.4 TỒN TRỮ VẬT LIỆU RỜI

1.4.1.Tồn trữ dạng đống:

Các chất rắn như lưu huỳnh và than thường được chứa ngoài trời dưới dạng các đống lớn không che chắn. Với số lượng tồn trữ hàng trăm hay hàng ngàn tấn thì đây là cách tồn trữ kinh tế nhất. Việc tính toán khối lượng vật liệu dựa vào việc ước tính thể tích đống vật liệu thường có dạng hình chóp rồi nhân với khối lượng riêng xốp của vật liệu. Cách tồn trữ này thường dùng cho hạt thô, không tan trong nước.

1.4.2 Tồn trữ trong bồn, silo:

Các chất rắn có giá trị hoặc dễ bị phân hủy khi chứa ngoài trời đều phải được chứa trong bồn chứa. Các bồn chứa có thể có tiết diện hình tròn hoặc hình chữ nhật, làm bằng bê tông hoặc bằng thép, kích thước lớn nhỏ tùy yêu cầu. Các thùng chứa được nhập liệu từ đỉnh bằng một phương tiện vận chuyển vào và tháo liệu thường từ đáy. Một vấn đề chính trong thiết kế bồn chứa vật liệu rời là tháo liệu theo đúng yêu cầu.

1.4.2.1. Áp suất trong bồn chứa:

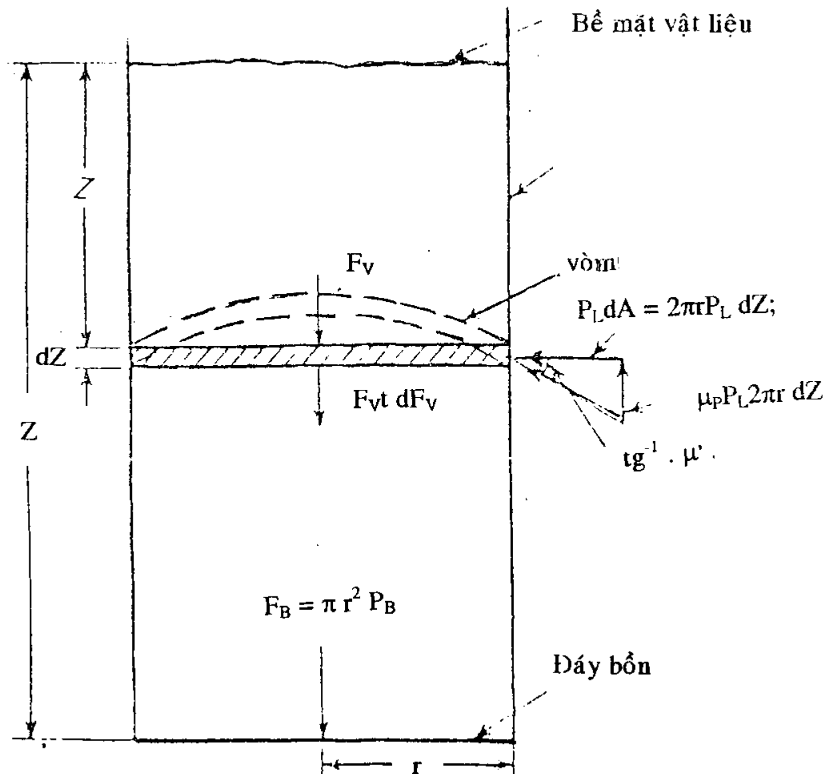
Khi các hạt rắn được chứa trong bồn, khối hạt sẽ tạo nên các áp suất tác động lên thành bồn chứa có giá trị thường nhỏ hơn giá trị tính toán. Ngoài ra còn có sự ma sát giữa tường và hạt vật liệu, và do hiện tượng các hạt lồng vào nhau, nên sự ma sát này như truyền khắp khối hạt. Lực ma sát tại tường có khuynh hướng làm giảm trọng lượng hạt và làm giảm áp suất do khối hạt tác động lên đáy bồn chứa. Trong trường hợp lực ma sát này đạt đến một độ lớn nhất định nó sẽ tạo thành vòm, hay cầu nối trong khối hạt để phần khối hạt bên trên không rơi xuống dù phần khối hạt bên dưới vòm được lấy ra.

Xem hình 1.6 là một bồn chứa hình trụ, sau đây ta sẽ xác định biểu thức tính áp suất của khối hạt tác động lên đáy bồn chứa. Xét một lớp hạt vi cấp nằm ngang có bề dầy dZ và cách mặt thoáng lớp hạt một khoảng là Z(m). Bán kính trong của bồn chứa là r(m); tổng chiều cao lớp vật liệu trong bồn là Z_T(m). Tại khoảng cách Z, giả sử lớp vật liệu vi cấp là một piston ép lên lớp vật liệu bên dưới và bản thân piston chịu tác động bởi lực thẳng đứng F_v từ bên trên. Áp suất thẳng đứng p_V tại Z là

$$p_v = \frac{F_v}{\pi r^2} \tag{1.21}$$

từ đó $$dF_v = \pi r^2 dp_v \tag{1.22}$$

Sự biến đổi của lực này qua lớp vi cấp là hiệu số giữa sự biến đổi trọng lượng dF_g và sự biến đổi lực ma sát dF_f qua lớp vi cấp.



Hình 1.6 : Các lực thẳng đứng trong khối hạt.

$$dF_v = dF_g - dF_f \tag{1.23}$$

Trọng lượng của lớp hạt vi cấp là $\pi\rho_b r^2 g dZ$ với ρ_b là khối lượng riêng xốp của khối hạt. Lực ma sát là tích số giữa hệ số ma sát μ' tại thành bồn và lực tác động lên thành bồn F_L với F_L là tích số giữa áp suất tác động lên thành bồn p_L với diện tích tác động $2\pi rdZ$. Do đó

$$dF_v = \pi r^2 dp_v = \pi r^2 \rho_b\, g\, dZ - \mu' (2\pi\, r\, p_L dZ) \tag{1.24}$$

Chia tất cả cho πr và để ý rằng tỉ số $p_L / p_v = K'$

$$r\, dp_v = \left(r\, \rho_b\, g - 2\mu' \frac{p_L}{p_v} p_v\right) dZ$$

$$= \left(r\, \rho_b\, g - 2\mu' K' p_v\right) dZ \tag{1.25}$$

Đặt p_B là áp suất thẳng đứng tác động lên đáy bồn. Lấy tích phân phương trình (1.25) từ đỉnh đến đáy khối hạt ta được

$$\int_0^{Z_T} dZ = \int_0^{p_B} \frac{r\,dp_v}{r\rho_B g - 2\mu' K' p_v}$$

$$Z_T = -\frac{r}{2\mu' K'}\Big[\ln(r\rho_b g - 2\mu' K' p_v)\Big]_o^{p_T} \qquad (1.26)$$

hay

$$p_B = \frac{r\rho_b g}{2\mu' K'}\left(1 - e^{-2\mu' K' Z_T/r}\right), \quad N/m^2 \qquad (1.27)$$

Với :

r = bán kính bồn chứa, m

ρ_b= khối lượng riêng xốp của vật liệu, kg/m^3

g= gia tốc trọng trường, m/s^2

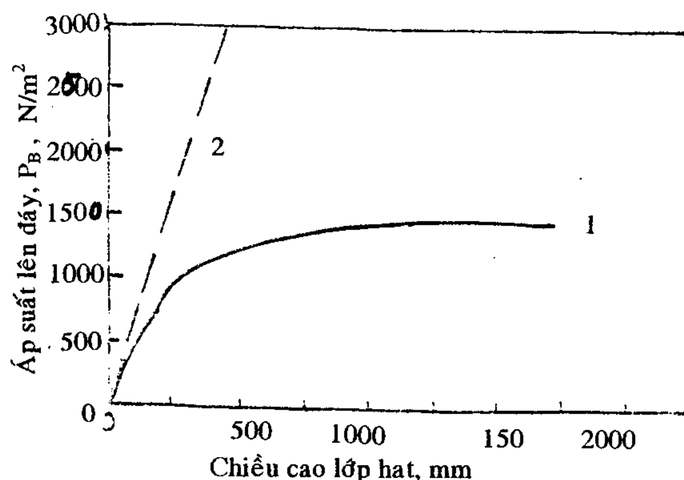
Z_T= chiều cao của khối hạt, m

μ '= hệ số ma sát.

K'= hệ số được xác định theo (1.20)

Phương trình (1.27) được gọi là phương trình Janssen. Mối quan hệ giữa áp suất tác động và chiều cao được trình bày trên hình 1.7. Với nhiều loại chất rắn, khi chiều cao lớp vật liệu gấp ba lần đường kính thì thêm vật liệu vào không làm ảnh hưởng đến áp suất tại đáy bồn chứa.

Khi bồn chứa có tiết diện không là hình tròn thì r được thay bằng hai lần bán kính thủy lực. Hệ số ma sát μ ' cho một số vật liệu hạt trên mặt bê tông hoặc kim loại nhẵn có giá trị từ 0,35 đến 0,55



Hình 1.7: Áp suất trong thùng chứa hình trụ tạo bởi khối hạt polystyren 3 mm
r = 125 mm, K' = 0,521, μ'=0,523, ρ_b = 630kg / m^3
(1) khối vật liệu rời; (2)Chất lỏng có khối lượng riêng tương đương

Thí dụ 1.1: Một tháp chêm có đường kính 2m, cao 15 m được chứa đầy vật chêm là than coke nghiền nhỏ. Tính áp suất do lớp than tạo nên thành tháp và đáy tháp. So sánh với áp suất tạo nên bởi chất lỏng có cùng khối lượng riêng. Khối lượng riêng và góc nghỉ của than là $\rho_b = 485 kg/m^3$, $\alpha_r = 28^o$

Giải

Các đại lượng ước tính được là

$$\alpha_m = 32^o \text{ và } \sin\alpha_m = 0,5299$$

Từ phương trình (1.20)

$$K' = \frac{1 - 0,5299}{1 + 0,5299} = 0,307$$

Với r = 1m, Z_T = 15m , μ' gần bằng 0,6

Áp suất tác động lên đáy tháp theo (1.27)

$$p_B = \frac{1 . 485 . 9,81}{2 . 0,6 . 0,307}\left(1 - e^{-2 . 0,6 . 0,307 . 15/1}\right)$$
$$= 12863,5 \text{ N/m}^2$$

Áp suất tác động lên thân tháp

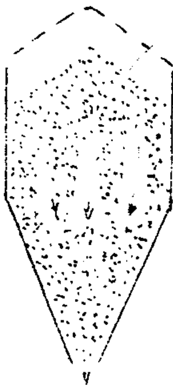
$$p_L = K' p_B = 0,307 . 12863,5 = 3949 \text{ N/m}^2.$$

Áp suất thủy tĩnh của chất lỏng tương đương

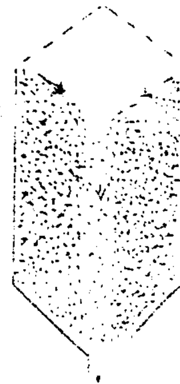
$$p = \rho g Z_T = 485 . 9,81 . 15 = 71368 \text{ N/m}^2.$$

1.4.2.2. Chuyển động của vật liệu ra khỏi bồn chứa:

Vật liệu rời có khuynh hướng chuyển động ra khỏi bồn chứa qua cửa tháo liệu ở gần đáy bồn, tuy nhiên tốt nhất là qua đáy bồn. Qua thí dụ 1.1, áp suất bên thân bồn luôn nhỏ hơn áp suất tại đáy bồn ở cùng một độ sâu trong lớp vật liệu, ngoài ra khi vật liệu chuyển động ra ở thân bồn sẽ làm tăng đáng kể áp suất tác động lên các phía khác của thân bồn.



Hình 1.8 : Chuyển động cả khối



Hình 1.9: Chuyển động dạng phểu

Ngoại trừ trong những bồn nhỏ, việc mở hoàn toàn cửa tháo liệu ở đáy là không hợp lý. Thông thường đáy bồn chứa là hình côn được điều tiết bằng một van hoặc bộ phận tháo liệu quay. Áp suất tại đáy trong trường hợp này nhỏ hơn giá trị tính toán theo (1.27)

Dòng chuyển động của vật liệu ra khỏi đáy bồn chứa theo hai dạng: chuyển động cả khối (hình 1.8) nghĩa là cả khối vật liệu chuyển động ra khỏi bồn từ dưới lên trên và chuyển động dạng phểu hình (1.9) nghĩa là khối hạt tại trục chuyển động ra trước và từ trên xuống dưới.

Dòng chảy cả khối giúp cho vật liệu tháo ra dễ dàng mà không cần dụng cụ hỗ trợ. Với dòng chảy dạng phểu dòng vật liệu có thể bị tắt và cần có dụng cụ hỗ trợ để khôi phục dòng chảy. Một yếu tố quan trọng để thiết kế bồn chứa là góc nghiêng tự nhiên của vật liệu, giá trị này được dùng để xác định góc côn của đáy bồn chứa. Thông thường bồn chứa được thiết kế theo quan điểm xây dựng nhiều hơn là vai trò của nó trong qui trình. Tiết kiệm mặt bằng là tiêu chuẩn đầu tiên khi thiết kế bồn chứa ngoài ra còn những tiêu chuẩn khác cho hai dạng dòng chảy được trình bày trong bảng sau:

Bảng 1.8. Đặc trưng chủ yếu của dòng chảy cả khối và dạng phểu

Dòng chảy cả khối	Dòng chảy dạng phểu
1. Các hạt bị phân cách nhưng sẽ giảm khi tháo liệu	1. Các hạt bị phân cách và duy trì sự phân cách này
2. Dòng vật liệu đồng nhất	2. Phần vật liệu vào đầu tiên sẽ ra cuối cùng
3. Mật độ không đổi	3. Vật liệu có thể bị giữ lại trong vùng chết cho đến khi vật liệu được tháo hết hoàn toàn
4. Không có vùng chết trong khối hạt	4. Vật liệu có thể tạo vòm trong khối hạt và lỗ hổng khi tháo liệu
5. Dụng cụ chỉ thị lượng vật liệu trong bồn hoạt động tốt,tin cậy	5. Dòng vật liệu không đều
6. Các loại bột đã loại khí sẽ không bốc lên khi tháo liệu	6. Mật độ có thể thay đổi
7. Bồn chứa có thể thiết kế để không phân cách vật liệu hoặc hoạt động như một thiết bị trộn	7. Bồn chứa hoạt động tốt với hạt tc chuyển động tự do
	8. Dụng cụ chỉ thị phải đặt ở vị trí thích hợp

Nói chung việc tháo liệu ra khỏi bồn chứa theo thứ tự là vật liệu ở giữa bồn ra trước, sau đó mới đến lớp vật liệu trên mặt bên thân bồn. Trên bề mặt lớp vật liệu sẽ tạo hình côn. Lớp vật liệu sát đáy và thân bồn sẽ ra sau cùng. Vật liệu sẽ trượt vào giữa thùng theo góc gần bằng góc ma sát trong của vật liệu. Nếu vật liệu bổ sung được thêm vào ở phía trên bồn bằng với lượng vật liệu tháo ra ở đáy thì lớp vật liệu nằm gần thân bồn sẽ không ra được bất kể thời gian tháo liệu là bao lâu.

Suất lượng tháo liệu của vật liệu rời do trọng lực qua cửa tháo liệu hình tròn ở đáy bồn chứa tùy thuộc vào đường kính cửa tháo liệu và tính chất của vật liệu. Suất lượng tháo liệu không phụ thuộc vào chiều cao lớp vật liệu trong bồn chứa. Một phương trình kinh nghiệm dùng để tính suất lượng tháo liệu vật liệu hạt lưu chuyển tự do có khối lượng riêng ρ_h (kg/ m^3), đường kính hạt từ 4 mesh đến 20 mesh như sau

$$m = \frac{A\rho_h D_o^n}{(6{,}288\,tg\alpha_m + 23{,}16)\,(D_h + 1{,}889) - 44{,}90} \qquad (1.28)$$

với

m: suất lượng tháo liệu, kg/ ph

D_o: đường kính cửa tháo liệu, mm.

α_m: góc ma sát trong của vật liệu.

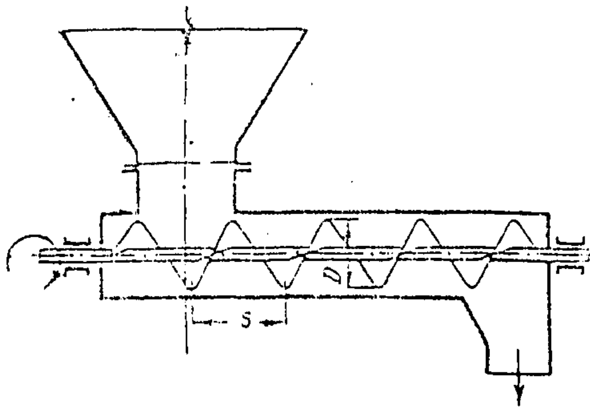
D_h: đường kính hạt, mm.

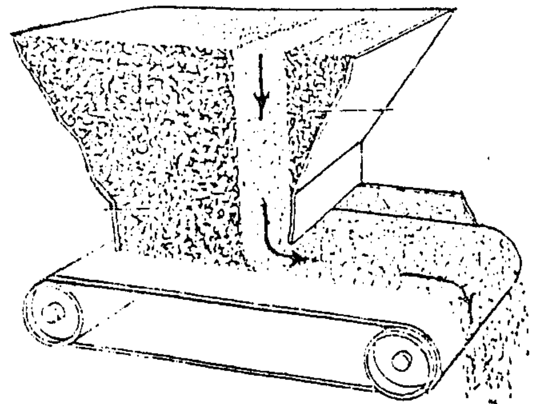
Với hạt có góc cạnh n= 2,8, và A = 3,3 . 10^{-6}, các giá trị này biến đổi cho đến hạt hình cầu n =3,1 và A = 1,3 . 10^{-6}.

Vật liệu có tính kết dính thường khó bắt đầu chuyển động. Khi đã chuyển động khối vật liệu ngay trên cửa tháo liệu sẽ ra ngoài, những loại vật liệu mịn như bột khô dễ kết dính thành từng khối lớn vào thành bồn chứa và có ứng suất đủ lớn để đỡ những khối vật liệu lớn bên trên không rơi xuống. Hiện tượng này gọi là sự tạo thành vòm trong khối vật liệu như trên hình 1.6. Mái vòm tạo nên một góc có tang bằng hệ số ma sát μ', là tỉ số giữa lực ma sát giữa vật liệu với thân bồn chứa và lực tác động theo phương pháp tuyến. Với vật liệu xốp mái vòm có thể dựa trên khối vật liệu bên dưới nó. Với vật liệu có tính kết dính, mái vòm đủ chắc để giữ khối vật liệu bên trên khi lớp vật liệu bên dưới thoát ra. Trong thời gian tháo liệu, mái vòm có thể bị phá hủy và tạo lại. Do đó để tạo dòng chuyển động liên tục của vật liệu có thể dùng búa hay bộ phận tạo rung động trên thành bồn hoặc dùng dòng khí thổi vào cửa tháo liệu

§ 1.5. CƠ CẤU NHẬP LIỆU VẬT LIỆU RỜI

Khi đã chọn bồn chứa phù hợp, ta phải thiết kế cơ cấu nhập liệu (tháo liệu bồn chứa để nhập liệu vào công đoạn tiếp theo) sao cho tạo nên được dòng vật liệu chuyển động qua toàn bộ cửa tháo liệu của bồn chứa. Với cửa tháo liệu nhỏ có dạng hình tròn hoặc hình vuông cơ cấu tháo liệu nào cũng tạo dòng chuyển động thẳng đứng như nhau. Với cửa tháo liệu hình chữ nhật, cơ cấu nhập liệu phải được thiết kế sao cho để có năng suất tăng dần theo chiều chuyển động. Ví dụ trên hình 1.10 cơ cấu nhập liệu có dạng vít xoắn bước đều sẽ tháo liệu chủ yếu từ phía sau bồn. Tương tự, cơ cấu nhập liệu bằng băng tải có gờ chặn (hình 1.11) sẽ tháo liệu chủ yếu từ phía trước. Sau đây là một số cơ cấu nhập liệu tạo nên dòng chuyển động vật liệu qua toàn bộ cửa tháo liệu.



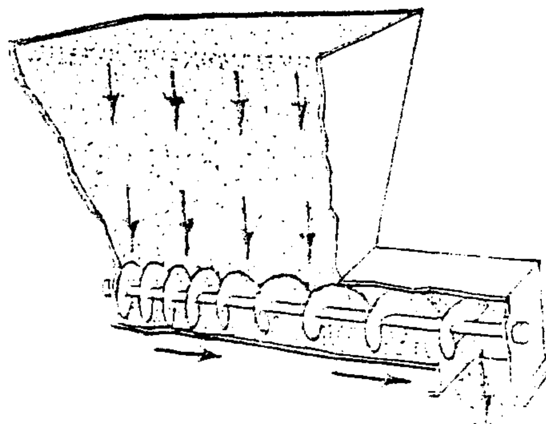


Hình 1.10: Cơ cấu nhập liệu dạng vít xoắn

Hình 1.11: Cơ cấu nhập liệu dạng băng tải

(1) Cơ cấu nhập liệu vít xoắn có bước thay đổi

Trên hình 1.12 là cơ cấu nhập liệu vít xoắn có bước xoắn tăng dần theo chiều chuyển động. Một dạng khác kiểu này là vít xoắn có bước xoắn không đổi nhưng đường kính trục giảm dần theo chiều nhập liệu. Tỉ số chiều dài / đường kính của cơ cấu vít xoắn thường giới hạn bằng 6, do đó nó không phù hợp với cửa tháo liệu quá dài. Bước xoắn thường thay đổi trong khoảng giới hạn từ 0,5 lần đường kính đến 1,5 lần đường kính. Cơ cấu này thích hợp cho vật liệu dạng hạt, cục nhỏ và dạng bột khi bỏ qua hiện tượng nghiền nát.



Hình 1.12: Cơ cấu nhập liệu vít xoắn có bước tăng dần

Cơ cấu vít xoắn có thể đặt nằm ngang hoặc nằm nghiêng có năng suất được xác định theo công thức

$$Q = 47 D^2 s k n \rho , \quad kg/h \tag{1.29}$$

Với D = đường kính vít xoắn, m

s = bước xoắn, m; thường lấy bằng (0,5 - 1,5) D

k = hệ số chứa đầy, thường lấy bằng 0,8 - 1,0.

n = số vòng quay của vít xoắn trong 1 ph, vg/ph; đối với vật liệu lưu chuyển tự do n = 40- 80 vg/ ph, với vật liệu khó lưu chuyển n = 20 - 40 vg /ph.

Để tránh vật liệu tích tụ trong vít xoắn ta cần bảo đảm tỷ lệ

$$D \geq (4 - 5) D_h, \ mm \tag{1.30}$$

Công suất động cơ cần thiết để truyền động vít xoắn là:

$$N = \frac{Q}{367 . 10^3 \eta}(Lk_1 + H) k_2, \quad kw \tag{1.31}$$

Trong đó:

Q = năng suất, kg/h tính theo (1.29)

η = hiệu suất của bộ truyền động.

L = hình chiếu theo phương nằm ngang của đoạn đường dịch chuyển, m

H = chiều cao nâng vật liệu khi đặt cơ cấu có độ dốc, m

k_1 = hệ số trở lực do ma sát của vật liệu với thân cơ cấu nhập liệu, đối với các loại bột k_1 = 1,20, đối với vật liệu có tính ma sát lớn như muối ăn k_1= 2,50.

k_2 = hệ số kể đến tổn thất do ma sát trong ổ trục, thường lấy bằng 1,1 - 1,2

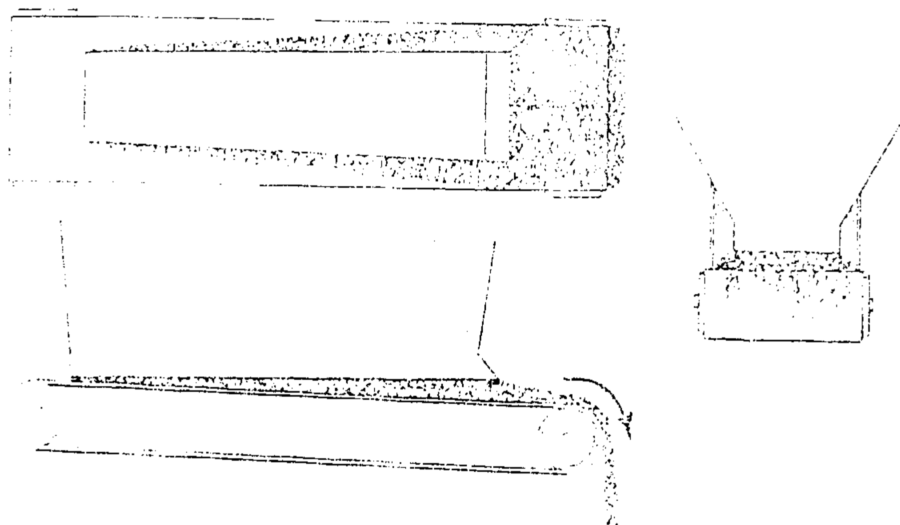
(2) Cơ cấu nhập liệu băng tải

Trên hình 1.13 cho thấy cơ cấu định lượng băng tải dùng để nhập liệu và định lượng vật liệu dạng cục nhỏ cũng như vật liệu ẩm có tính kết dính; với vật liệu ẩm, dính, dùng thanh gạt làm sạch bộ phận chịu tải và băng vải bông tẩm cao su. Cơ cấu nhập liệu băng tải có thể đặt nằm ngang hoặc nằm nghiêng. Nhánh băng phía trên được đỡ bằng những con lăn định lượng.

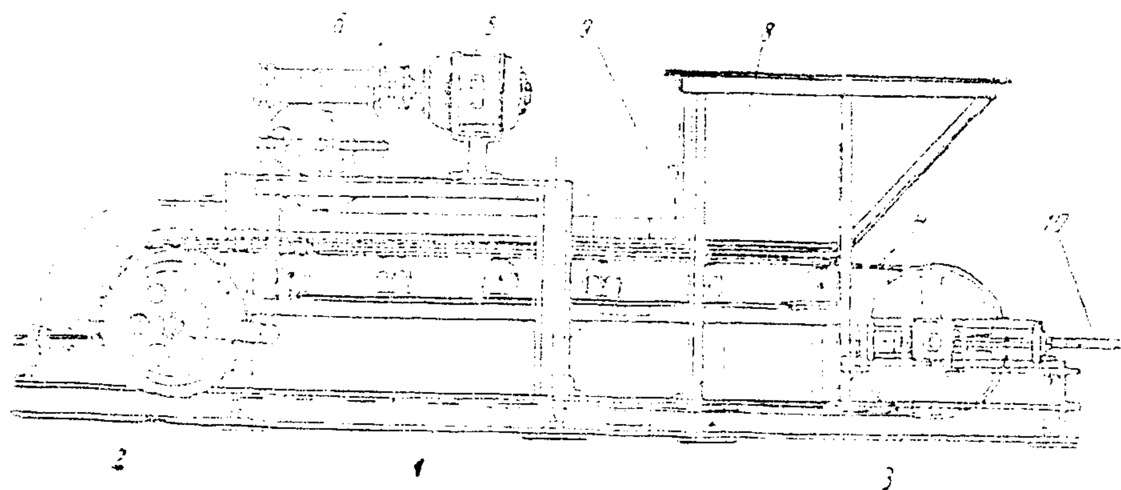
Dọc theo băng có đặt thanh chắn để dẫn vật liệu. Bồn chứa được cấu tạo sao cho áp suất của vật liệu trong bồn chứa không trực tiếp truyền lên băng. Lớp vật liệu trên băng đồng đều và có thể điều chỉnh theo chiều cao của tấm chắn. Tốc độ của băng thường lấy từ 0,1 - 0,5 m/s. Trên hình 1.14 trình bày sơ đồ nguyên lý cấu tạo cơ cấu nhập liệu băng tải, cơ cấu này lắp trên khung, tựa trên ổ đỡ bản lề.

Năng suất của cơ cấu nhập liệu kiểu băng tải được xác định theo công thức sau:

$$Q = 3600 \, A \, v \rho \, k, \quad kg/h \tag{1.32}$$



Hình 1.13: Cơ cấu nhập liệu băng tải.



Hình 1.14: Sơ đồ nguyên lý cấu tạo cơ cấu nhập liệu băng tải
1- Khung 2- Tang dẫn 3- Tang căng băng 4- Băng 5- Động cơ 6- Hộp giảm tốc
7- Điểm tựa của bồn chứa 8- Phễu chứa 9- Tấm chắn điều chỉnh 10- Cơ cấu kéo căng.

Với: A = tiết diện ngang của lớp vật liệu trên băng = bh, m^2

b = bề rộng lớp vật liệu trên băng , m

h = bề dầy lớp vật liệu trên băng , m

v = vận tốc dài của băng, m/ s

ρ = khối lượng riêng của vật liệu, kg/m^3

k = hệ số chứa đầy vật liệu của máng chắn trên băng, thường lấy bằng 0,7 đến 0,8.

Công suất cần thiết trên tang dẫn động trên băng

$$N' = N_1 + N_2$$

N_1 = công suất cần thiết để vận chuyển vật liệu

$$N_1 = \frac{Q}{367 . 10^3}(0,2L + H)\, k_1, \quad kW \qquad (1.33)$$

Với L = chiều dài cơ cấu nhập liệu giữa hai trục tang, m

H = chiều cao nâng vật liệu, m (đối với cơ cấu nhập liệu nghiêng)

k_1 = hệ số tính đến sự uốn băng, trở lực trên hai tang...= 1,2

N_2 là công suất để khắc phục ma sát giữa vật liệu và thành máng trên băng

$$N_2 = \frac{W . v}{102} = 0,01\, h^2\, l\, \rho\, f\, k_d\, v, \quad kW \qquad (1.34)$$

Trong đó W = lực kéo để khắc phục lực ma sát, N.

$= P_m\, h\, l\, \mu$

P_m= áp suất pháp tuyến trên thành máng = hvk_d

k_d = hệ số linh động của vật liệu

$$k_d = \frac{1 - \sin\alpha'_r}{1 + \sin\alpha'_r}$$

Trong đó :

α'_r là góc nghiêng tự nhiên ở trạng thái chuyển động

l = chiều dài của thành máng, m

μ = hệ số ma sát của vật liệu với thành máng.

Công suất cần thiết của động cơ điện

$$N = \frac{N'}{\eta} k_2, \quad kW \qquad (1.35)$$

Với

η = hiệu suất truyền động

k_2 = hệ số tính đến tổn thất do ma sát = 1,1 - 1,15

h = chiều cao nâng cao của ống số 8 so với đĩa 1, m

n = số vòng quay của đĩa, vg/ ph.

R = bán kính ống số 8, m

α'_r = góc nghiêng tự nhiên của khối vật liệu khi chuyển động

Hình 1.15: Sơ đồ tính toán của cơ cấu nhập liệu băng tải

Công suất cần thiết cho động cơ

$$N = N_1 . \frac{(1 + \mu_1 \cos\beta)\, k}{\eta}, \quad kW \qquad (1.37)$$

Trong đó

$N_1 = \frac{P\, v_o}{1020}$ = công suất để khắc phục ma sát giữa vật liệu và đĩa, kW

μ_1= hệ số ma sát của vật liệu với tấm gạt ;

k = hệ số tính đến trở lực khác = 1,5 - 2

β = góc tạo bởi tấm gạt và tiết diện vòng dãi vật liệu (mặt phẳng này qua tâm trục quay), độ

η = **hiệu suất truyền động**

P = **lực ma sát khi vật liệu chuyển động trên đĩa**

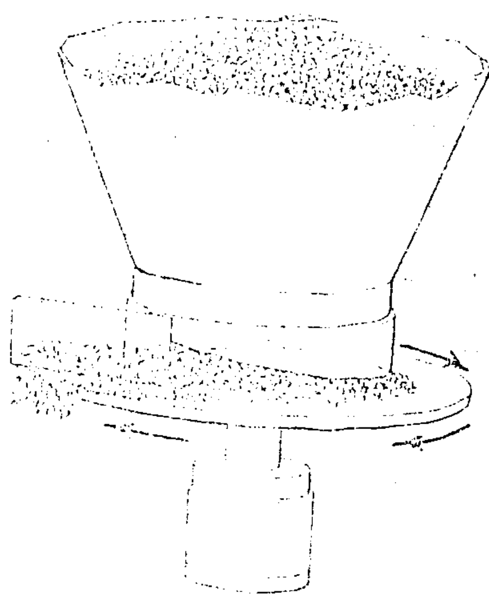
$$= F_o\, L \rho\, g \mu, \text{ N} \qquad (1.38)$$

$F_o = \frac{h^2}{2\, tg\, \alpha_r'}$ = diện tích tiết diện ngang của dãi vật liệu

L = quãng đường di chuyển của vật liệu, m

(3) Cơ cấu nhập liệu kiểu đĩa hay mâm (Hình 1.16)

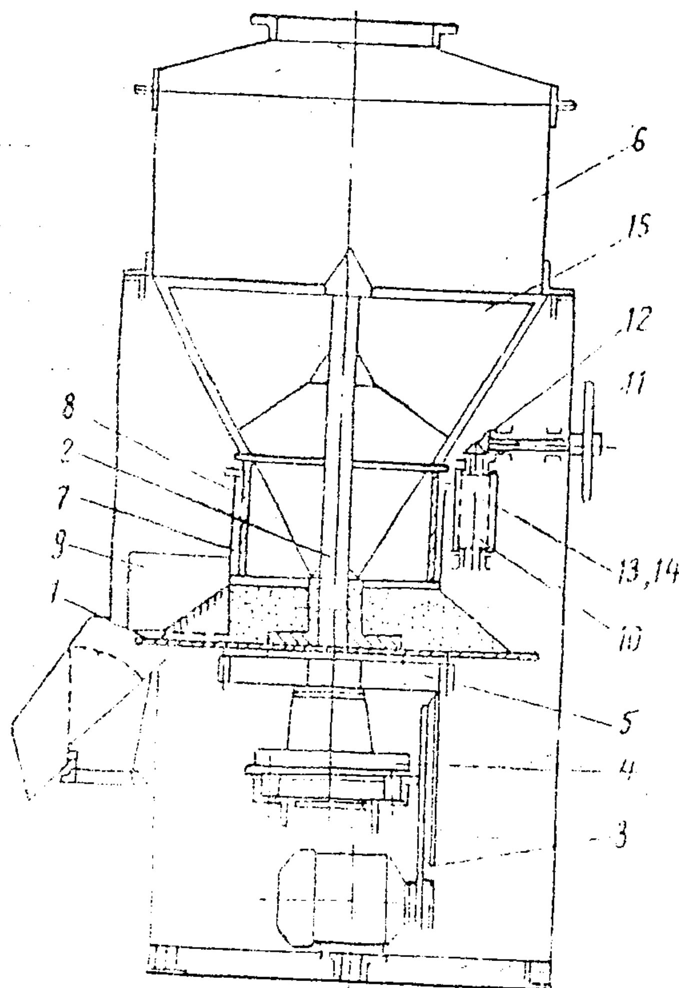
Cơ cấu gồm đĩa 1 lắp cứng trên trục 2 (hình 1.17) để nhận chuyển động quay từ động cơ qua bộ truyền động đai 3, hộp giảm tốc 4 và cặp bánh răng thẳng 5. Vật liệu từ bồn chứa 6 chuyển động qua hai cánh đảo 15 gắn trên trục 2 (để chống kết dính vật liệu) rồi xuống đĩa 1. Để điều chỉnh lượng vật liệu trên đĩa 1 dùng hệ thống ống chắn vật liệu 7 và 8. Ống 7 ở phía trong lắp cố định, mặt ngoài có tiện ren. Ống 8 lồng ngoài ống 7, đầu phía trên hàn với đai ốc 10 ăn ren trên ống 7. Đai ốc 10 lại hàn gắn với bánh răng vòng 13 ăn khớp



Hình 1.16: Cơ cấu nhập liệu kiểu đĩa hay mâm.

với bánh răng 14. Khi tay quay 11 quay truyền chuyển động qua cặp bánh răng nón 12, cặp bánh răng 14 và 13 làm đai ốc 10 quay ăn ren với ống 7 cố định do đó cũng làm ống 8 cùng đai 13 vừa quay vừa tịnh tiến dọc trục (hoặc lên hoặc xuống) làm thay đổi lượng vật liệu trên đĩa 1. Dùng tấm gạt 9 (cũng điều chỉnh được vị trí cao thấp) để gạt vật liệu trên đĩa 1 xuống ống tháo liệu. Cơ cấu nhập liệu này có thể điều chỉnh năng suất bằng cách thay đổi số vòng quay của trục 2 mang đĩa 1 hoặc dịch chuyển vị trí của ống 8 bằng tay quay 11.

Năng suất của cơ cấu nhập liệu kiểu đĩa được xác định theo công thức



Hình 1.17: Sơ đồ cấu tạo cơ cấu nhập liệu kiểu đĩa. hay mâm
1. Đĩa chứa vật liệu 2. Trục 3. Đai 4. Hộp giảm tốc 5. Bánh răng thẳng 6. Hộp nhập liệu 7. Ống cố định 8. Ống di động 9. Tấm gạt 10. Đai ốc 11. Tay quay 12. Cặp bánh răng nón 13. Bánh răng vòng 14. Bánh răng 15. Cánh đảo.

$$Q = 60\rho \frac{\pi h^2 n}{tg\alpha'_r}\left(R + \frac{h}{3\,tg\alpha'_r}\right),\ kg/h \qquad (1.36)$$

Với ρ - khối lượng riêng của vật liệu, kg/m^3

h - chiều cao nâng của ống số 8 so với đĩa 1, m

n - số vòng quay của đĩa, vòng/ph

R - bán kính ống số 8, m

α'_r - góc nghiêng tự nhiên của khối vật liệu khi chuyển động

Công suất cần thiết cho động cơ

$$N = N_1 . \frac{(1 + \mu\cos\beta)\, k}{\eta}, \quad kW \tag{1.37}$$

trong đó:

$N_1 = \dfrac{P\, v_o}{1020}$ = công suất để khắc phục ma sát giữa vật liệu và đĩa, kW

μ = hệ số ma sát của vật liệu với tấm gạt;

k = hệ số tính đến các trở lực khác = 1,5 - 2;

β = góc tạo bởi tấm gạt và tiết diện vòng dãi vật liệu (mặt phẳng này qua tâm trục quay), độ

η = hiệu suất truyền động

P = lực ma sát khi vật liệu chuyển động trên dĩa

$$P = F_o\, L\, \rho\, g\, \mu, \; N \tag{1.38}$$

$F_o = \dfrac{h^2}{2\, tg\alpha'_r}$ = diện tích tiết diện ngang của dải vật liệu, m^2

L = quãng đường di chuyển của vật liệu, m;

ρ = khối lượng riêng của vật liệu, kg/m^3

g = gia tốc trọng trường, m/s^2

μ = hệ số ma sát của vật liệu với đĩa ở trạng thái động

$v_o = 2\pi R_o n/60$ = vận tốc chuyển động của lớp vật liệu trượt khỏi đĩa, m/s

$R_o = R + \dfrac{h}{3\, tg\alpha'_r}$ = khoảng cách từ trọng tâm tiết diện dải vật liệu đến trục quay, m

n = số vòng quay của đĩa, vòng/ph

Số vòng quay giới hạn của đĩa được xác định dựa vào điều kiện lực quán tính ly tâm phải nhỏ hơn lực ma sát của vật liệu trên đĩa.

$$\frac{mv^2}{R_1} < \mu\, m\, g \tag{1.39}$$

như vậy số vòng quay của đĩa nhập liệu được chọn

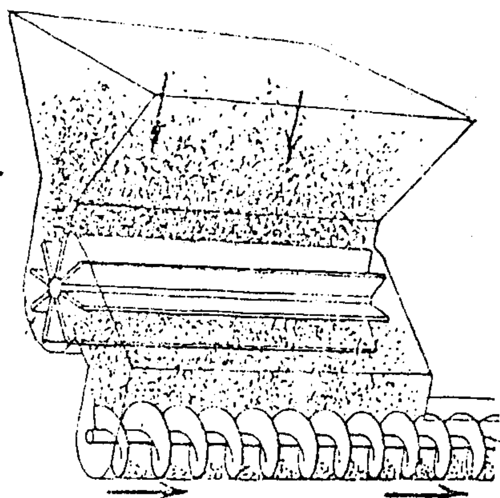
$$n < 30\sqrt{\frac{\mu\, g}{\pi^2 R_1}}, \quad \text{vòng/ph} \tag{1.40}$$

với m - khối lượng của lớp vật liệu trên đĩa, kg

R_1 - bán kính vòng ngoài cùng lớp vật liệu trên đĩa, m

(4) Cơ cấu nhập liệu kiểu tang quay:

Có 2 loại cơ cấu nhập liệu kiểu tang quay: tang trơn hoặc tang có cánh (hình 1.18). Cơ cấu nhập liệu kiểu tang quay trơn là đơn giản nhất có khả năng thay đổi năng suất nhập liệu bằng cách thay đổi tiết diện cửa tháo liệu hoặc thay đổi số vòng quay của tang. Cơ cấu nhập liệu kiểu tang có cánh có phạm vi điều chỉnh rộng hơn nhờ có kết cấu thêm hệ thống bánh răng cóc để ứng với một vòng quay của trục truyền động có thể cho tang quay một vòng hoặc tang chỉ quay một cung ứng với khoảng tháo liệu giữa hai cánh



Hình 1.18: Cơ cấu nhập liệu loại tang quay có cánh.

Năng suất của cơ cấu nhập liệu kiểu tang trơn

$$Q = 3600 F v k \rho, \quad kg/h \tag{1.41}$$

Với F - tiết diện cửa tháo liệu , m^2;

v - vận tốc chuyển động trung bình của vật liệu qua cửa tháo liệu. Vận tốc này thường lấy bằng vận tốc vòng của tang nhập liệu = 0,025 - 1m/s,

k - hệ số chứa đầy của cửa tháo liệu, phụ thuộc vào khối lượng riêng của hạt và thường lấy k = 0,7;

ρ - khối lượng riêng của vật liệu, kg/m^3

Chọn đường kính tang của cơ cấu nhập liệu theo công thức

$$D = \frac{60\, v}{\pi\, n}, \; m \tag{1.42}$$

Chiều rộng cửa tháo liệu của tang được xác định

$$a = \frac{1 + m}{2\, m} \cdot k_o (80 + D_h)\, tg\, \alpha_r, \; mm \tag{1.43}$$

trong đó

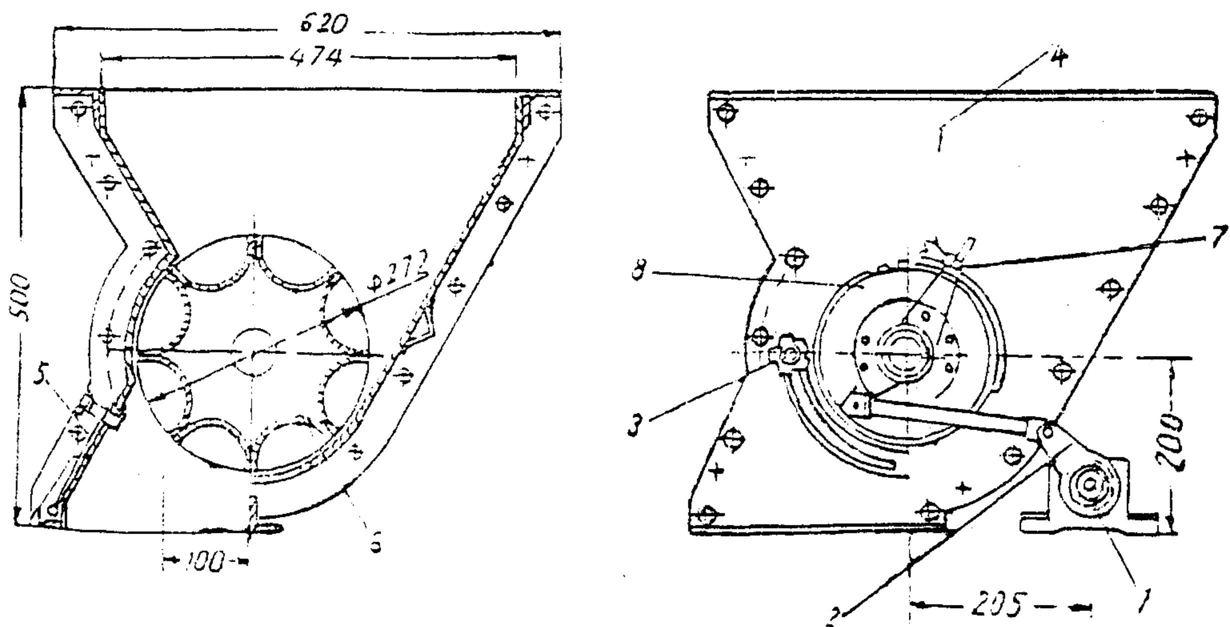
$m = \frac{b}{a}$ là tỉ số giữa chiều dài và chiều rộng của cửa tháo liệu, với vật liệu hạt m = 1- 2

k_o = là hệ số thực nghiệm, với vật liệu đã phân loại trước lấy k_o = 2,2, với vật liệu chưa phân loại lấy k_o =2,0.

D_h = kích thước lớn nhất của hạt vật liệu, mm

α_r = góc nghiêng tự nhiên của vật liệu ở trạng thái tĩnh, thường lấy α_r=30 - 75°

Cơ cấu nhập liệu tang có cánh có cấu tạo các cánh thường nằm dọc suốt chiều dài của tang. Khi tang quay nhanh thì vật liệu chuyển động khá liên tục, nhưng với tang quay chậm thì vật liệu chuyển động không liên tục. Để khắc phục nhược điểm này có cấu tạo loại tang chia ngăn. Trên chiều dài tang được chia thành 4 hoặc 5 ngăn riêng biệt, trong mỗi ngăn có số ô như nhau nhưng ô này nằm chệch với ô ở ngăn bên một góc (thường là 15 - 20°) để tang nhập liệu liên tục và đều hơn. Cơ cấu nhập liệu loại tang có chia ô được mô tả trên hình 1.19. Ngoài các bộ phận chung như nhập liệu 4, cửa quan sát 5, tang định lượng 6... thì bộ phận quan trọng là hệ bánh răng cóc điều chỉnh. Chuyển động quay của động cơ qua trục truyền động 1 làm tay quay 2 quay. Tay quay này nối bằng thanh với cần cóc 7 ăn khớp với bánh răng cóc 8. Bánh răng cóc được lắp cứng trên trục của tang nhập liệu, còn cần cóc 7 lắp trượt trơn trên trục của tang nhập liệu. Như vậy chỉ khi cần cóc ăn khớp với bánh răng cóc và đẩy bánh răng cóc cùng quay trên cung làm việc của cần cóc thì tang



Hình 1.19: Cơ cấu nhập liệu tang có cánh và bánh răng cóc điều chỉnh
1. Trục truyền động 2. Tay quay 3. Ốc định vị 4. Phễu nhập liệu 5. Cửa quan sát 6. Tang định lượng 7. Cần cóc 8. Bánh răng cóc.

nhập liệu mới được quay trong phạm vi cung đó. Việc giới hạn cung quay của bánh răng cóc có nghĩa là cung quay của tang nhập liệu nhờ đĩa trượt gắn với cần có ốc định vị 3, tùy vị trí đặt ốc định vị mà cần cóc không hoặc có trượt trên một phần của đĩa trượt rồi mới ăn khớp với bánh răng cóc và kéo tang nhập liệu quay trong phạm vi cung làm việc đã xác định, nhờ đó điều chỉnh được lượng nhập liệu trong phạm vi rộng. Đây là cơ cấu nhập liệu hoạt động gián đoạn đối với mỗi vòng quay của tang quay 2.

Ngoài ra còn có cơ cấu nhập liệu vừa hoạt động liên tục, vừa hoạt động gián đoạn. Cơ cấu này có bánh răng cóc lắp cứng với tang nhập liệu, còn cần cóc lắp cứng với trên trục dẫn động. Như vậy trục dẫn động có lắp cần cóc trượt trơn trong ngỗng trục lắp tang nhập liệu và bánh răng cóc. Trên vỏ máy có lắp chốt điều chỉnh. Tùy vị trí đặt chốt điều chỉnh để gạt cóc khỏi sự ăn khớp với bánh răng cóc - tang nhập liệu không quay - hoặc cho cóc ăn khớp liên tục với bánh răng cóc - tang nhập liệu cùng quay với trục dẫn động. Cơ cấu kiểu này có phạm vi nhập liệu rộng.

Năng suất của cơ cấu nhập liệu kiểu tang có chia ô với bánh cóc điều chỉnh được xác định theo công thức

$$Q = 60 F l z n \rho k \quad kg/h \tag{1.44}$$

Với F - tiết diện ngang của ô chứa nhập liệu trên tang nhập liệu, m^2

l - chiều dài ô chứa trên tang, m

z - số ô chứa vật liệu ứng với mỗi vòng quay của trục dẫn động

n - số vòng quay của trục dẫn động vg / ph.

ρ - khối lượng riêng của vật liệu, kg/m^3

k - hệ số chứa đầy = 0,8.

Công suất truyền động được tính theo công thức

$$N = N_1 . \frac{k_3}{\eta}, \quad kW \tag{1.45}$$

Với N_1 = công suất trên trục tang nhập liệu, kW

$$N_1 = 0{,}005 P F D \, tg\alpha'_r . k_1 , \quad kW \tag{1.46}$$

k_3 - hệ số kể đến các tổn thất do ma sát trên tang nhập liệu;

η - hiệu suất truyền động;

P - áp suất riêng của vật liệu trên bề mặt tang, N/m^2;

F - diện tích cửa tháo liệu của bồn chứa, m^2;

D - đường kính tang, m

n - số vòng quay của tang, vg / ph;

α'_r - góc nghiêng tự nhiên của vật liệu khi chuyển động = 20 - 65°.

k_1 - hệ số tính đến sự nghiền vỡ vật liệu, với bột k_1= 1, với vật liệu to dễ nứt vỡ k_2= 2

Bảng 1.9. Sự liên hệ giữa kích thước hạt và sự phân phối kích thước hạt với khối lượng riêng xốp và khả năng lưu chuyển của vật liệu

Vật liệu		Kích thước hạt trung bình, μ	Kích thước Mesh		Khối lượng riêng xốp kg/m^3			Khả năng lưu chuyển	Khả năng lưu hóa
			Bột%	Hạt%	Không nén	Nén	Bình thường		
Nhôm	Hạt	840	0	100,0	1600	1842	1632	Rất tốt	Không
	Bột	<30	100,0	0	775	1195	921	Kém	Tốt
Than	Hạt	300	5,0	95,0	695	873	743	Tốt	Không
	Hạt + Bột	<74	80,0	20,0	452	582	485	Kém	Tốt
Đá vôi	Hạt	2000	1,0	99,0	1374	1697	1438	Rất tốt	Không
	Hạt + Bột	<30	80,0	20,0	889	1309	1002	Kém	Có
	Hạt + Bột	<30	100,0	0,0	679	1067	824	Kém	Có
Muối	Hạt	250	0,0	100,0	1196	1390	1212	Tốt	Không
	Hạt + Bột	70	25,0	75,0	1018	1277	1083	Trung bình	Không
	Hạt + Bột	30	65,0	35,0	743	1002	808	Kém	Có
Silica	Hạt	80	0,0	100,0	1567	1745	1584	Rất tốt	Không
	Bột + Hạt	60	60,0	40,0	824	1277	986	Kém	Có
	Bột	<74	100,0	0,0	824	1180	937	Kém	Có
	Bột	5	100,0	0,0	436	711	549	Rất kém	Có
	Bột	0,01	100,0	0,0	34	44	39	Rất kém	Có bụi
	Bột (rỗng)	3 - 5	100,0	0,0	31	44	32	Rất kém	Có bụi
Soda Ash	Hạt	250	1,0	99,0	1018	1228	1050	Rất tốt	Không
	Hạt + Bột	100	20;0	80,0	582	760	630	Trung bình	Không
		74	60,0	40,0	533	824	598	Kém	Có
Đường	Hạt	150	0,5	99,5	808	921	824	Tốt	Không
	Hạt + Bột	74	72,0	28,0	469	695	533	Kém	Có
	Bột	<74	100,0	0,0	372	582	452	Rất kém	Có
Lưu huỳnh	Hạt + Bột	220	8,5	91,5	1131	1390	1180	Trung bình	Không
		74	52,0	48,0	566	743	614	Kém	có thể
	Bột	<74	100,0	0,0	582	808	646	Rất kém	Không

Bảng 1.10. Khối lượng riêng và khối lượng riêng xốp của một số vật liệu

Vật liệu	Khối lượng riêng Kg/m^3	Khối lượng riêng xốp kg/m^3	Vật liệu	Khối lượng riêng kg/m^3	Khối lượng riêng xốp kg/m^3
Apatit	3190	1850	Xi măng	2900	
Than	1600	800-950	Gạch samốt	1900	
Amian	200-2700	-	Nhựa thông	960-970	
Thạch cao	2500	-	Grafít	2840	
Đá Bazan	2400-3100	-	Mica	2600-2650	
Pirít	4950-5100	3300	Than bùn	870	330-630
Đất sét	1800-2600	1800-2000	Đá vôi sét	-	1500-2200
Đá granit	2760	-	Đá dăm khô	2620	1800
Đá cuội	2630	1500-1900	Đá dăm ướt	26500	2000
Tro khô	2000	400-600			
Tro ướt	2400	700			
Đất khô	1800	1200			
Đất ướt	2100	1700			
Đá vôi	2680-2760	1600-2000			
Vôi tôi	1300-1400	500			
Vôi chưa tôi	-	1700-1800			
Cao lanh	2200				
Cao su	920-990				
Thạch anh	2650	1450-1600			
Gốm	2300-2500				
Than cốc	1300	360-530			
Gạch	1500				
Paraphin	870-910				
Cát khô	-	1400-1650			
Cát ướt	-	1900-2050			
Muối thô	-	780-900			
Muối mịn khô	-	1000-1300			
Muối mịn ướt	-	1200-2200			
Lưu huỳnh	-	2000			
Gỗ thông	500				
Thủy tinh	2400-2800	1300-1950			
Than củi	570	190-250			
Than đá	1400-1800	800			

Bảng 1.11. Giới hạn bền và modun đàn hồi của một số vật liệu rắn.

Tên vật liệu	Giới hạn bền N/mm^2		Môdun đàn hồi 10^4 N/mm^2	
	Kéo	Nén	Kéo	Nén
1	2	3	4	5
Apatít	-	80-150	3	
Đá bazan	-	250-500		
Đá granit	3	120-350	3-6	
Đá vôi	-	25-190	7	
Thạch anh	-	120-150	1,5	
Đá cẩm thạch	-	50-250	5,65	
Than đá	-	2-29	0,07-0,6	
Gạch đỏ	-	7,5-15	0,27-0,5	
Gạch samốt	-	10		
Xí lò cao	-	150		
Đất sét ẩm 90%	-	2,6		
Đất sét âm 25%	-	0,2-0,3		
Đất sét nung	-	6-13		
Muối mỏ	-	32,5	2,5	
Thủy tinh	-	250	5,6	2,2
Quặng pirít	-	120-190	2,74	
Bêtông	-	5-35	1,4-2,3	
Gỗ sồi	-	15	0,05-0,1	
Gỗ thông	80	40	1,0-1,2	0,055
Cao su	-	-	0,0008	
Gang	-	-	11,5-16	4,5
Thép cán	-	-	20-21	8,1
Thép đúc	-	-	17,5	
Đồng cán	-	-	11,0	4,0
Đồng đúc	-	-	8,4	
Gốm	6	325	4,2	

Bảng 1.12. Hệ số ma sát của vật liệu rời với ống dẫn

Vật liệu	Hệ số ma sát						Góc nghiên tự nhiên	
	Với kim loại		Với gỗ		Với bê tông		α	α_o
	f	f_o	f	f_o	f	f_o		
Than Antraxit	0,29	0,29	0,47	0,84	0,51	0,90	27	45
Than hạt nhỏ	0,32	0,84	0,47	0,84	0,50	0,90	30	45
Than bụi	0,58	1,00	0,70	1,00	0,70	1,00	35	50
Than cốc	0,47	1,00	0,84	1,00	0,84	1,00	35	50
Tro khô	0,47	0,84	0,84	1,00	0,84	1,00	40	50
Đất, cát, sỏi	0,58	1,00	1,00	–	–	–	30	45
Đá vôi	0,58	1,00	–	–	–	–	30	45
Quặng	0,58	1,19	–	–	–	–	30	50
Xỉ	0,7	1,19	–	–	–	–	35	50

Ghi chú: - Hệ số f và α tương ứng với khi vật liệu chuyển động
- Hệ số f_o và α_o tương ứng với khi vật liệu đứng yên.

§ BÀI TẬP

1.1 Một si lô có tiết diện tròn có đường kính 3m chứa lúa mì có khối lượng riêng xốp là 630 kg/m^3. Tính áp suất tác động lên đáy bồn chứa và lên thành silo theo N/m^2 nếu chiều cao của khối lúa mì là 12m^2. Tính lại với chiều cao của khối lúa mì là 24 m ? K'= 0,40, μ' = 0.45.

1.2. Vẽ vòng tròn ứng suất Mohr trong hai điều kiện của bài 1.1. Xác định các giá trị α_m và θ_m theo độ trong hai trường hợp này?

1.3. Tính suất lượng tháo liệu qua cửa tháo liệu hình tròn ở đáy silo nếu cửa tháo liệu có đường kính 300 mm. Với lúa mì số mũ n = 2,93 và kích thước hạt bằng 1mm.

1.4. Lập lại bài 1.3 với cát có kích thước 20 mesh, khối lượng riêng xốp bằng 1615 kg/m^3 và số mũ n bằng 2,67.

Chương 2

PHÂN LOẠI VẬT LIỆU RỜI

Trong công nghiệp thường phải phân loại một hỗn hợp vật liệu rời thành ra các phân đoạn khác nhau. Các phân đoạn này có thể khác nhau về kích thước hạt hoặc thành phần cấu tạo. Như vậy một sản phẩm thô có thể được làm tinh khiết bằng cách tách những tạp chất ra khỏi chúng; một hỗn hợp gồm hai, ba loại sản phẩm có thể được tách ra từng sản phẩm riêng biệt; một dòng vật liệu ra khỏi thiết bị phản ứng có thể là hỗn hợp của sản phẩm và tác chất chưa phản ứng phải được tách ra để hoàn lưu trở lại tác chất chưa phản ứng hay một chất có giá trị, chẳng hạn quặng kim loại, phân tán trong một khối vật liệu trơ sẽ được tách ra khỏi chất trơ này. Có nhiều phương pháp để thực hiện các quá trình phân riêng này và trong thực tế mỗi quá trình có những vấn đề riêng của nó mà nhiệm vụ của người kỹ sư là phải lựa chọn phương pháp nào thích hợp nhất.

§ 2.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN RIÊNG VẬT LIỆU RỜI

Quá trình phân riêng vật liệu rời dựa trên cơ sở sự khác nhau về kích thước, khối lượng riêng hay tính chất vật lý khác của vật liệu như: tính dẫn điện, màu sắc. Các quá trình phân riêng hiện nay thường được thực hiện theo một số phương pháp sau:

(1) Phân loại dựa vào sự khác nhau về kích thước của vật liệu:

- Sàng: đối với các loại hạt có đường kính $D_h \geq 1mm$
- Rây: đối với các sản phẩm có đường kính $D_h < 1mm$

(2) Phân loại dựa vào sự khác nhau về khối lượng riêng của sản phẩm:

- Phương pháp phân loại bằng khí động.
- Phương pháp tuyển nổi.

(3) Phân riêng theo tính dẫn điện:

Ở trong chương này ta chỉ đề cập đến phương pháp phân loại bằng sàng rây và bằng khí động.

§ 2.2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH SỰ PHÂN PHỐI KÍCH THƯỚC

2.2.1. Xác định số hạt và diện tích bề mặt riêng:

Sự phân phối kích thước hạt đã được trình bày trong chương 1 theo phân khối lượng tích lũy Φ và đường kính hạt D_h. Với hạt mịn, từ thực nghiệm cho thấy hệ số góc của đường biểu diễn Φ theo D_h là một hàm số mũ theo đường kính hạt D_h.

$$-\frac{d\Phi}{dD_h} = BD_h^k \qquad (2.1)$$

với B và k là các hằng số. Dấu trừ cho thấy khi Φ tăng D_h giảm. Phương trình này có thể được dùng để ngoại suy kết quả phân tích rây đến những kích thước mịn hơn một cách chính xác.

Phương trình (2.1) được lấy tích phân giữa các giới hạn $\Phi = \Phi_1$ và $\Phi = \Phi_2$ tương ứng với $D_h = D_{h_1}$ và $D_h = D_{h_2}$, kết quả là:

$$\Phi_2 - \Phi_1 = \frac{B}{k+1}\left(D_{h_1}^{k+1} - D_{h_2}^{k+1}\right) \qquad (2.2)$$

Hằng số k phụ thuộc vào tỉ lệ hạt rất mịn trong mẫu và có giá trị từ 0,5 đến 0,1 cho các vật liệu rời dạng hạt và bột. Giá trị k càng lớn thì càng có ít hạt mịn trong phần hạt có kích thước từ D_{h_1} đến D_{h_2}, ngược lại k càng nhỏ khi phần hạt mịn càng nhiều. Hằng số B là độ đo phần hạt có kích thước D_{h_1} đến D_{h_2} so với toàn bộ khối hạt.

Các hằng số B và k có thể được xác định bằng phương pháp phân tích rây vi phân như sau. Giả sử tỉ số giữa kích thước lỗ của hai rây liền nhau trong một bộ rây là hằng số, chẳng hạn hệ rây Tyler tỉ số này là $\sqrt{2}$ hoặc $\sqrt[4]{2}$ (bảng 1.5). Nếu D_{h_n} và $D_{h(n-1)}$ là kích thước lỗ của hai rây thứ n và thứ n–1 thì phân khối lượng của phần hạt trên rây thứ n là $\Phi_n - \Phi_{n-1}$ và phương trình (2.2) được viết cho rây thứ n như sau:

$$\Phi_n - \Phi_{n-1} = \Delta\Phi_n = -\frac{B}{k+1}\left(D_{h_n}^{k+1} - D_{h_{n-1}}^{k+1}\right) \qquad (2.3)$$

nếu tỉ số giữa $D_{h(n-1)}$ và D_{h_n} bằng hằng số r

$$D_{h(n-1)} = r\,D_{hn} \qquad (2.4)$$

Với r > 1. Khử $D_{h(n-1)}$ trong phương trình (2.3) ta được

$$\Delta\Phi_n = \frac{B\left(r^{k+1} - 1\right)}{k+1} D_{h_n}^{k+1} = B' D_{h_n}^{k+1} \qquad (2.5)$$

Với

$$B' = \frac{B\left(r^{k+1} - 1\right)}{k+1} \qquad (2.6)$$

Phân tích rây vi phân cho thấy mối quan hệ giữa $\Delta\Phi_n$ và D_{h_n}. Lấy log phương trình (2.5)

$$\log\Delta\Phi_n = (k + 1)\log D_{h_n} + \log B' \tag{2.7}$$

Các hằng số B' và k được xác định bằng cách vẽ $\Delta\Phi_n$ theo D_{h_n} trên đồ thị logarit, hệ số góc đường thẳng bằng k + 1, từ đó xác định được B' và B.

Kết hợp các phương trình (2.1) với (1.9) và (1.14) ta sẽ tính được diện tích bề mặt riêng và số hạt có trong mẫu. Khử dΦ trong (1.9) bằng cách thay (2.1) vào và lấy tích phân ta được diện tích bề mặt riêng

$$A_w = \frac{-6\lambda B}{\rho_h}\int_{D_{h_1}}^{D_{h_2}} D_h^{k-1}\, dD_h \tag{2.8}$$

$$= \frac{6B\lambda}{\rho_h k}\left(D_{h_1}^k - D_{h_2}^k\right) \tag{2.9}$$

Phương trình (2.9) không xác định khi k = 0. Trong trường hợp này,

$$A_w = \frac{6\,.\,2{,}303B\lambda}{\rho_h}\log\frac{D_{h_1}}{D_{h_2}} \tag{2.10}$$

Khử dΦ giữa hai phương trình (2.1) và (1.14) và lấy tích phân ta được N_w, số hạt trong một đơn vị khối lượng hỗn hợp.

$$N_w = -\frac{B}{a\rho_h}\int_{D_{h_1}}^{D_{h_2}} \frac{dD_h}{D_h^{3-k}} \tag{2.11}$$

$$= \frac{B}{(2-k)a\rho_h}\left(\frac{1}{D_{h_2}^{2-k}} - \frac{1}{D_{h_1}^{2-k}}\right) \tag{2.12}$$

Thí dụ 2.1: Dựa trên kết quả phân tích rây cho ở bảng 1.6 và 1.7 với vật liệu là quartz đã nghiền. Tỉ trọng của hạt là 2,65 và các thừa số hình dạng a = 2 và b = 3,5. Xác định diện tích bề mặt riêng ?

Giải

Vẽ $\Delta\Phi_n$ theo D_{h_n} cho phần hạt mịn trên đồ thị logarit như hình 2.1. Trên đồ thị cho thấy các hạt có kích thước nhỏ hơn 0,0417 cm (35 Mesh) tuân theo phương trình thực nghiệm (2.7) do đó các phương trình từ (2.2) đến (2.10) có thể dùng để tính trong khoảng kích thước này. Với các hạt có kích thước lớn hơn 0,0417cm có thể dùng các phương trình từ (1.8) đến

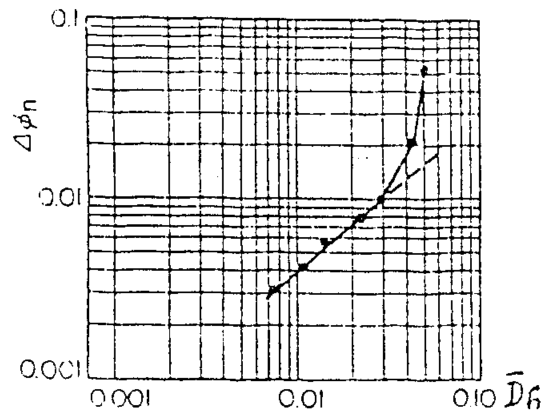
(1.14) để tính. Hằng số $\lambda = 3,5/2 = 1,75$.

Nếu sử dụng trực tiếp phân tích vi phân để tính trong khoảng kích thước từ 0,4699 đến 0,0417 cm, phương trình (1.8) có thể viết là:

$$A_w = \frac{6 \cdot 1,75}{2,65} \sum \frac{\Delta\Phi_n}{D_{h_n}} = 3,96 \sum \frac{\Delta\Phi_n}{D_{h_n}}$$

và phương trình (1.13) cho

$$N_w = \frac{1}{2 \cdot 2,65} \sum \frac{\Delta\Phi_n}{\overline{D}^3_{h_n}} = 0,189 \sum \frac{\Delta\Phi_n}{\overline{D}^3_{h_n}}$$



Hình 2.1: Đường biểu diễn $\Delta\Phi_n$ theo D_{hn} trên đồ thị logarit cho thí dụ 2.1

$\overline{D}_{h_n}$ là đường kính hạt trung bình được xác định bằng trung bình cộng của hai rây liền nhau. Tính các giá trị $1/\overline{D}_{h_n}$ và $1/\overline{D}^3_{h_n}$, $\Delta\Phi_n$, tổng $\Delta\Phi_n/\overline{D}_{h_n}$ và $\Delta\Phi_n/\overline{D}^3_{h_n}$. Kết quả được trình bày ở bảng 2.1 dưới đây:

Bảng 2.1: Kết quả tính cho thí dụ 2.1

Mesh	$\overline{D}_h$	$\Delta\Phi_n$	$\frac{1}{\overline{D}_h}$	$\frac{1}{\overline{D}^3_h}$	$\frac{\Delta\Phi_n}{\overline{D}_h}$	$\frac{\Delta\Phi_n}{\overline{D}^3_h}$
4/6	0,4013	0,0251	2,49	15,5	0,063	0,4
6/8	0,2844	0,1250	3,52	43,5	0,439	5,4
8/10	0,2006	0,3207	4,98	124	1,599	39,7
10/14	0,1409	0,2570	7,10	358	1,824	92
14/20	0,1000	0,1590	10,00	1.000	1,590	159
20/28	0,0711	0,0538	14,10	2.800	0,757	150
28/35	0,0503	0,0210	19,90	7.860	0,417	165
Tổng cộng					6,690	611

Vậy $A_w = 3,96 \cdot 6,69 = 26,5$ cm²/g hỗn hợp hạt

$N_w = 0,189 \cdot 611 = 115$ hạt/g hỗn hợp hạt

Nếu sử dụng phân tích rây tích lũy để tính A_w và N_w, các phương trình (1.9) và (1.14) trở thành

$$A_w = 3{,}96 \int_0^{0{,}9616} \frac{d\Phi}{D_h}; \qquad N_w = 0{,}188 \int_0^{0{,}9616} \frac{d\Phi}{D_h^3}$$

Lấy tích phân hai phương trình trên bằng đồ thị như trên hình 2.2 và 2.3

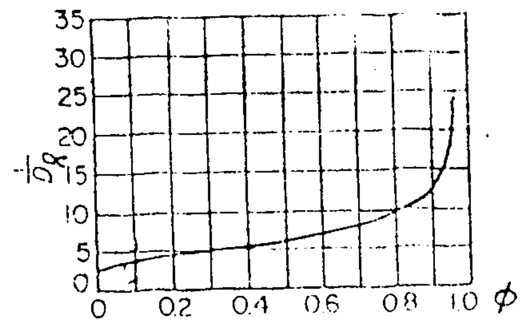
Xác định diện tích bên dưới đường cong giữa $\Phi = 0{,}7$ và $\Phi = 0{,}925$ ta được kết quả lần lượt là 6,71 và 626. Vậy

$A_w = 3{,}96 \,.\, 6{,}71 = 26{,}6\,cm^2/g$ hỗn hợp hạt

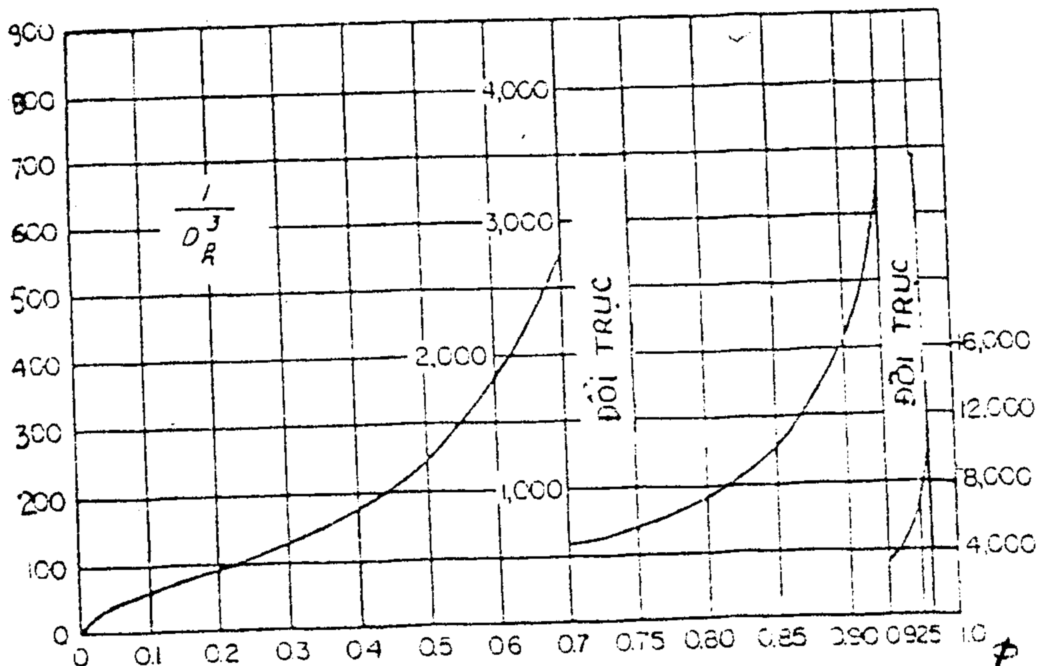
$N_w = 0{,}189 \,.\, 626 = 118$ hạt /g hỗn hợp hạt

Để xác định được diện tích bề mặt và số hạt của phần hạt qua rây 35 mesh ta phải biết giá trị của các hằng số k và B trong phương trình (1.1). k và B được xác định từ hình 1.1, hệ số góc của đường thẳng là 0,886, đó là giá trị của k + 1 do đó k bằng - 0,114. Xác định tọa độ của một điểm bất kỳ trên đường thẳng để tính B'. Thí dụ khi $\Delta\Phi_n$ bằng 0,004 thì D_{h_n} bằng 0,01. Vậy theo phương trình (2.7):

log 0,004 = 0,886 log 0,01 + log B'



Hình 2.2: Tích phân bằng đồ thị để tính diện tích bề mặt.



Hình 2.3: Tích phân bằng đồ thị để tính số hạt.

từ đó B' = 0,237. Với hệ rây Tyler, $r = \sqrt{2} = 1,414$ từ phương trình (2.6)

$$B = \frac{0,237.0,886}{1,414^{0,886} - 1} = 0,584$$

Hạt lớn nhất trong phần hạt trong hộp dưới rây cuối cùng đi qua kích thước rây 0,0074 cm. Nếu giả sử rằng phần hạt này cũng có mối quan hệ giữa Φ với D_h theo phương trình (2.1) thì có thể dùng (2.2) để ước tính đường kính của hạt nhỏ nhất trong hộp, ta được

$$0,0075 = \frac{0,584}{0,886}\left(0,0074^{0,886} - D_{h2}^{\ 0,886}\right)$$

Giải phương trình này cho D_{h_2} = 0,00072 cm

Từ phương trình (2.8) diện tích bề mặt của phần hạt có kích thước từ 0,0417 đến 0,00072 cm là

$$A_w = \frac{6\,.\,0,584}{2,65\,.\,(-0,114)}\,.\left(0,0417^{-0,114} - 0,00072^{-0,114}\right)$$
$$= 9,7\ \text{cm}^2/\text{g hỗn hợp hạt.}$$

Như vậy tổng diện tích bề mặt của toàn bộ hỗn hợp hạt là

$$26,6 + 9,7 = 36,3\ \text{cm}^2/\text{g hỗn hợp hạt}$$

Từ phương trình (2.10)

$$N_w = \frac{0,584}{2,114\,.\,2\,.\,2,65}\left(0,00072^{-2,114} - 0,0417^{-2,114}\right) = 229.500\ \text{hạt/g hỗn hợp hạt.}$$

Vậy tổng số hạt có trong mẫu là 118 + 229.500 = 229618 hạt /g hỗn hợp hạt.

2.2.2 Xác định đường kính trung bình của hỗn hợp hạt.

(1) Đường kính trung bình số học:

Nếu N_{w_1}, N_{w_2} và N_{w_n}... là số hạt; $\Delta\Phi_1$, $\Delta\Phi_2$, $\Delta\Phi_n$... là phân khối lượng hạt có các đường kính D_{h_1}, D_{h_2}, D_{h_n}... thì đường kính trung bình số học là:

$$\frac{N_{w_1} D_{h_1} + N_{w_2} D_{h_2} + \ldots + N_{w_n} D_{h_n}}{N_{w_1} + N_{w_2} + \ldots + N_{w_n}} = \frac{\sum(N_{w_i} D_{h_i})}{\sum N_{w_i}} \qquad (2.13)$$

bởi vì

$$\sum N_{w_i} = \frac{m}{\rho}\left[\frac{\Delta\Phi_1}{C_1 D_{h_1}^3} + \frac{\Delta\Phi_2}{C_2 D_{h_2}^3} + \ldots + \frac{\Delta\Phi_n}{C_n D_{h_n}^3}\right] = \frac{m}{\rho}\sum\frac{\Delta\Phi}{C D_h^3} \qquad (2.14)$$

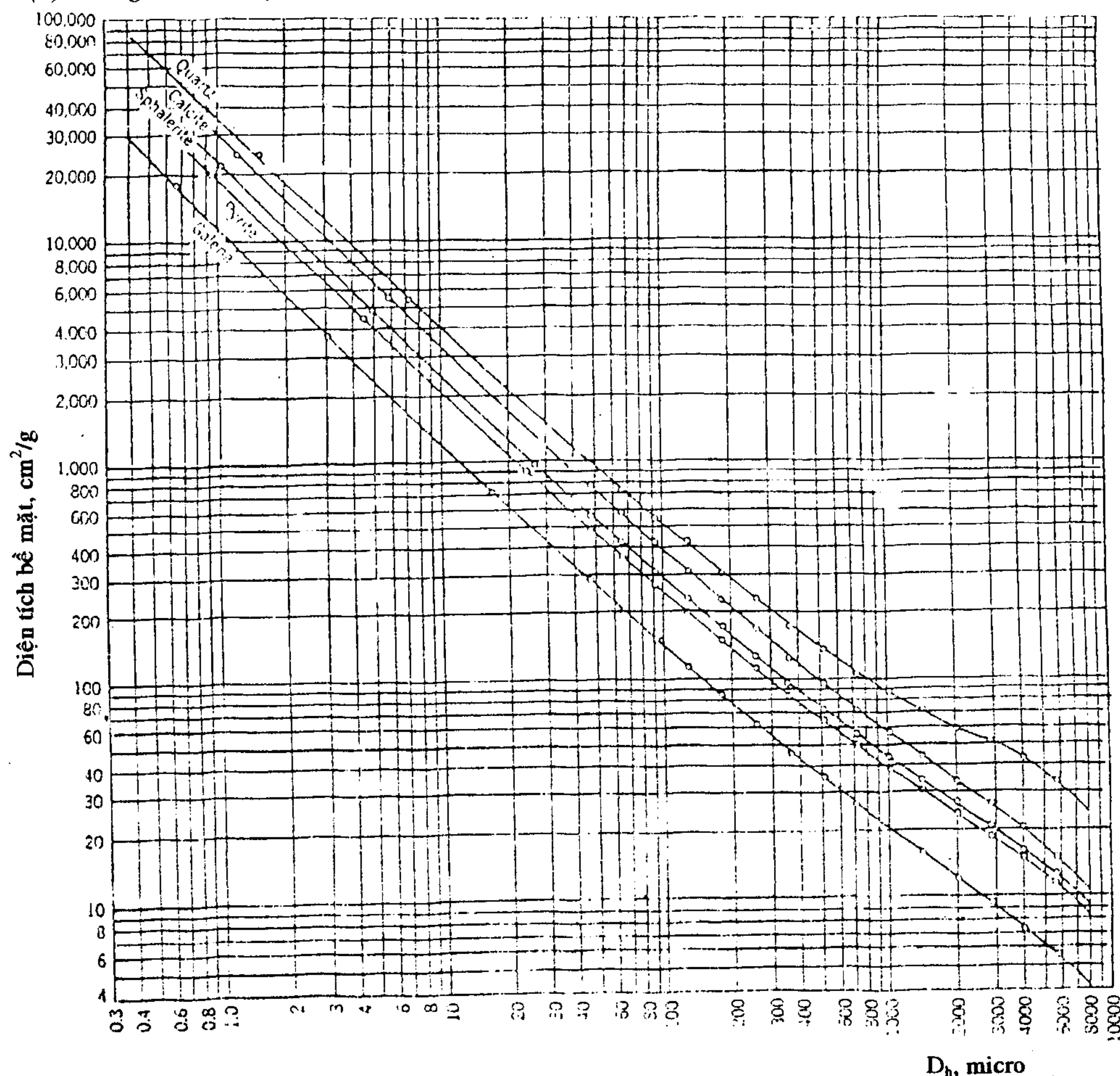
Với m = tổng khối lượng hạt.

C = hằng số tùy thuộc vào hình dạng hạt với hình cầu bằng $\pi/6$, khối vuông bằng 1... được nhân vào để được thể tích.

Như vậy đường kính trung bình số học là:

$$\text{Đường kính trung bình số học là} = \frac{\sum \frac{\Delta\Phi}{C\,D^2}}{\sum \frac{\Delta\Phi}{C\,D^3}}$$

*(2) **Đường kính bề mặt trung bình :***



Hình 2.4: Diện tích bề mặt riêng là hàm số theo đường kính trung bình của hạt cho các loại vật liệu quartz, calcite, sphalerit, pyrit và galen

Đây là loại đường kính được sử dụng trong quá trình chuyển động của lưu chất qua lớp hạt và được định nghĩa như sau:

$$B_1 D_{h_1}^2 N_{w_1} + B_2 D_{h_2}^2 N_{w_2} + \ldots = B (\overline{D}_{b_m})^2 \sum N_{wi} \quad (2.15)$$

$$\overline{D}_{bm} = \sqrt{\frac{\sum N_{wi} B_i D_{h_i}^2}{B \sum N_{wi}}} = \sqrt{\frac{\sum \frac{\Delta\Phi_i B_i}{C_i D_{h_i}}}{B \sum \frac{\Delta\Phi_i}{C_i D_{hi}^3}}}$$

với B là hằng số tùy thuộc vào hình dạng hạt (π cho hình cầu, 6 cho khối vuông) để nhân vào ta được diện tích bề mặt hạt.

(3) Đường kính trung bình thể tích:

Tương tự ta có

$$\sqrt[3]{\frac{\sum N_{wi} B_i D_{h_i}^3}{C \sum N_{wi}}} = \sqrt[3]{\frac{\sum \Delta\Phi_i}{C \sum \frac{\Delta\Phi_i}{C_i D_{hi}^3}}} \quad (2.16)$$

A. PHÂN LOẠI BẰNG PHƯƠNG PHÁP CƠ HỌC

§ 2.3 ĐẶC TRƯNG MÁY SÀNG RÂY CƠ HỌC

2.3.1. Mục đích và công nghệ của quá trình:

Những sản phẩm sau khi nghiền thường là những hạt có kích thước khác nhau, do đó đặt ra yêu cầu là phải phân loại hạt rời đó thành những phân đoạn hạt có khoảng kích thước theo yêu cầu.

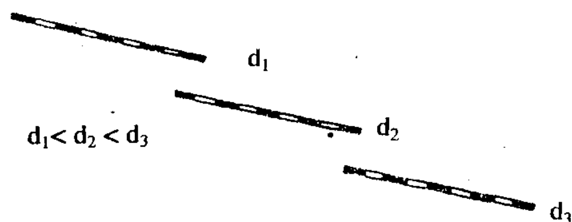
Quá trình phân loại hỗn hợp vật liệu rời thành những thành phần hạt có kích thước khác nhau, dựa vào sự khác nhau về kích thước, dưới tác dụng của lực cơ học được gọi là quá trình sàng.

Phương pháp phân loại bằng sàng là phương pháp phổ biến và đơn giản nhất. Nguyên tắc của nó là cho vật liệu đi qua hệ sàng có kích thước lỗ xác định. Các hạt có kích thước nhỏ hơn lỗ sàng sẽ lọt qua sàng, các hạt có kích thước lớn hơn sẽ bị giữ lại trên bề mặt sàng.

Việc phân loại hạt có thể tiến hành theo hai cách:

1. Phân loại kích thước từ nhỏ đến lớn (Hình 2.5)

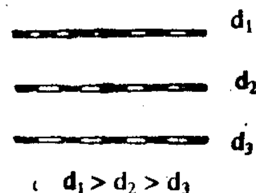
Tại đây các mặt sàng được xếp nối tiếp nhau. Mặt sàng có kích thước lỗ nhỏ được đặt trước kích thước lỗ lớn đặt sau. Khi hỗn hợp vật liệu chuyển động từ trái qua phải ta sẽ thu được sự phân loại như mong muốn.



Hình 2.5: Phân loại theo kích thước từ nhỏ đến lớn.

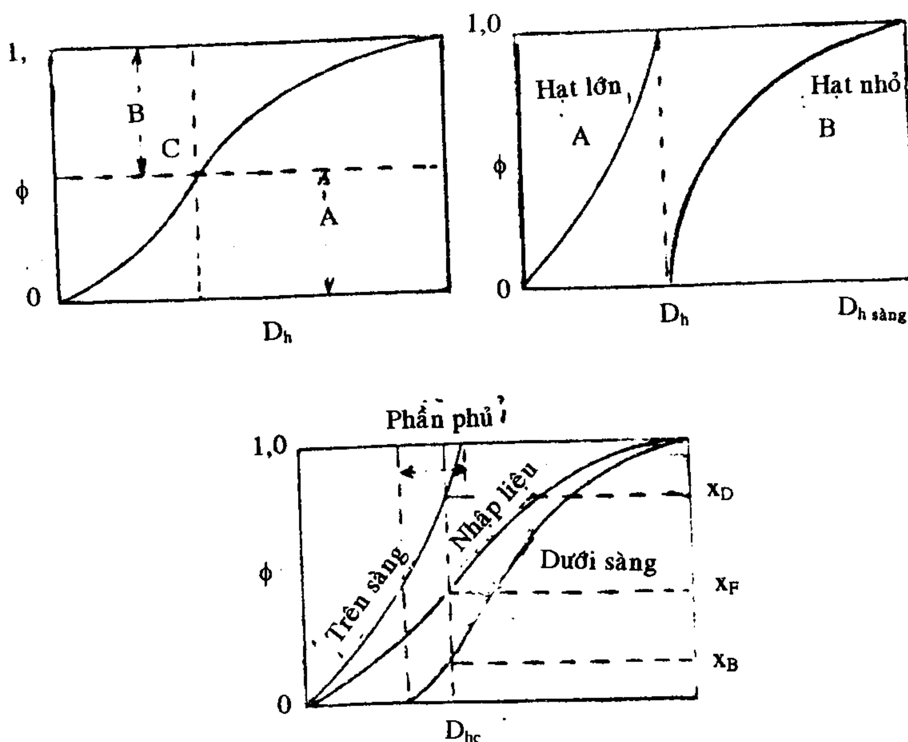
2. Phân loại kích thước từ lớn đến nhỏ (Hình 2.6)

Tại đây các mặt sàng được xếp song song và chồng lên nhau. Mặt sàng có kích thước lỗ lớn đặt lên trên, kích thước lỗ nhỏ đặt dưới. Khi hỗn hợp vật liệu chuyển động từ trên xuống dưới ta sẽ thu được sự phân loại như mong muốn.



Hình 2.6: Phân loại theo kích thước từ lớn đến nhỏ.

2.3.2. So sánh sàng lý tưởng và sàng thực tế:



Hình 2.7: Sàng lý tưởng và sàng thực
a) Sàng lý tưởng, b) Hai phân đoạn qua sàng lý tưởng, c) Sàng thực

Mục đích mặt sàng rây là phân loại được một hỗn hợp hạt có kích thước khác nhau thành ra hai phân đoạn: trên sàng và dưới sàng. Một sàng lý tưởng sẽ phân loại hoàn toàn nhập liệu sao cho hạt nhỏ nhất của phân đoạn trên sàng vừa lớn hơn hạt lớn nhất của phân đoạn dưới sàng. Sự phân đoạn lý tưởng như vậy được xác định bởi kích thước D_{hc} là kích thước chia làm hai phân đoạn. D_{hc} thường được xem như bằng kích thước lỗ sàng. Sự phân phối hạt qua sàng lý tưởng được trình bày trên hình 2.7a. Phân đoạn A gồm hạt vật liệu A có kích thước lớn hơn D_{hc}, phân đoạn B gồm hạt vật liệu B có kích thước nhỏ hơn D_{hc}. Hai phân đoạn A và B được trình bày trên hình 2.7b.

Quá trình sàng thực tế không cho ta sự phân loại rạch ròi như vậy, sự phân phối cỡ hạt hai phân đoạn qua sàng thực được trình bày trên hình 2.7c. Phân đoạn trên một sàng có một lượng đáng kể hạt có kích thước nhỏ hơn D_{hc} , phân đoạn dưới sàng có một ít hạt có kích thước lớn hơn D_{hc}.

Quá trình sàng thực tế gần lý tưởng nhất khi phân loại các hạt hình cầu. Tuy nhiên hai phân đoạn hạt vẫn có một khoảng kích thước phủ nhau. Khoảng kích thước che phủ này sẽ rộng khi có hạt dạng hình sợi hoặc các hạt có khuynh hướng kết dính để tạo thành hạt có kích thước lớn hơn. Thường thì các sàng thực tế cho ta kết quả phân loại kém hơn hệ thống rây chuẩn thí nghiệm

2.3.3. Cân bằng vật chất qua sàng:

Nếu gọi

F - suất lượng hỗn hợp nhập liệu vào sàng, kg/h

D - suất lượng vật liệu trên sàng, kg/h

B - suất lượng vật liệu dưới sàng, kg/h

x_F - phân khối lượng vật liệu A trong nhập liệu

x_D - phân khối lượng vật liệu A trong phân đoạn trên sàng

x_B - phân khối lượng vật liệu A trong phân đoạn dưới sàng. Với nhập liệu là hỗn hợp gồm hai vật liệu A (trên sàng) và B (dưới sàng). Phân khối lượng A được trình bày trên hình 2.7c. Phân khối lượng của B trong nhập liệu, phân đoạn trên sàng, phân đoạn dưới sàng lần lượt là $1 - x_F$, $1 - x_D$, và $1 - x_B$,

Cân bằng khối lượng tổng cộng:

$$F = D + B \tag{2.17}$$

Cân bằng khối lượng cho A:

$$Fx_F = Dx_D + Bx_B \tag{2.18}$$

Khử B giữa hai phương trình (2.17) và (2.18)

$$\frac{D}{F} = \frac{x_F - x_B}{x_D - x_B} \tag{2.19}$$

Khử D cho

$$\frac{B}{F} = \frac{x_D - x_F}{x_D - x_B} \tag{2.20}$$

2.3.4 Hiệu suất sàng:

Hiệu suất sàng là độ đo mức độ phân tách hai vật liệu A và B từ nhập liệu. Nếu sàng làm việc hoàn hảo thì tất cả vật liệu A sẽ trên sàng và tất cả vật liệu B sẽ dưới sàng. Hiệu suất sàng là tỉ số giữa lượng A trong phân đoạn trên sàng với lượng A có trong nhập liệu

$$E_A = \frac{Dx_D}{Fx_F} \tag{2.21}$$

đó là hiệu suất dựa trên vật liệu trên sàng. Nếu dựa trên vật liệu dưới sàng

$$E_B = \frac{B(1 - x_B)}{F(1 - x_F)} \tag{2.22}$$

Hiệu suất tổng quát E là tích số của hai hiệu suất trên

$$E = E_A \cdot E_B = \frac{DB\, x_D(1 - x_B)}{F^2 x_F(1 - x_F)} \tag{2.23}$$

Thay $\frac{D}{F}$ và $\frac{B}{F}$ từ (2.19) và (2.20) vào ta được

$$E = \frac{(x_F - x_B)(x_D - x_F)\, x_D(1 - x_B)}{(x_D - x_B)^2 (1 - x_F)(x_F)} \tag{2.24}$$

Thí dụ 2.2: Một hỗn hợp quartz có phân tích rây cho ở hai bảng 1.6 và 1.7. Hỗn hợp này được cho sàng qua sàng có đường kính lỗ là 0,152 cm . Phân tích tích lũy phân đoạn trên sàng và phân đoạn dưới sàng được cho ở bảng 2.2. Tính tỉ số khối lượng giữa phân đoạn trên sàng và phân đoạn dưới sàng với nhập liệu và hiệu suất tổng quát của sàng.

Bảng 2.2. Phân tích tích lũy trong thí dụ 2.2

Mesh	D_h, cm	Φ	
		Trên sàng	Dưới sàng
4	0,4699	0	
6	0,3327	0,071	
8	0,2362	0,430	0
10	0,1651	0,850	0,195
14	0,1168	0,970	0,580
20	0,0833	0,990	0,830
28	0,0589	1,000	0,910
35	0,0417		0,940
65	0,0208		0,960
Hộp			1,000

Giải

Phân tích tích lũy của nhập liệu, phân đoạn trên sàng, phân đoạn dưới sàng được vẽ trên hình 2.8.

Đường kính phân chia hai phân đoạn là D_{hc}= 0,152cm. Vậy

$$x_F = 0{,}540,\ x_D = 0{,}895,\ \text{và}\ x_B = 0{,}275.$$

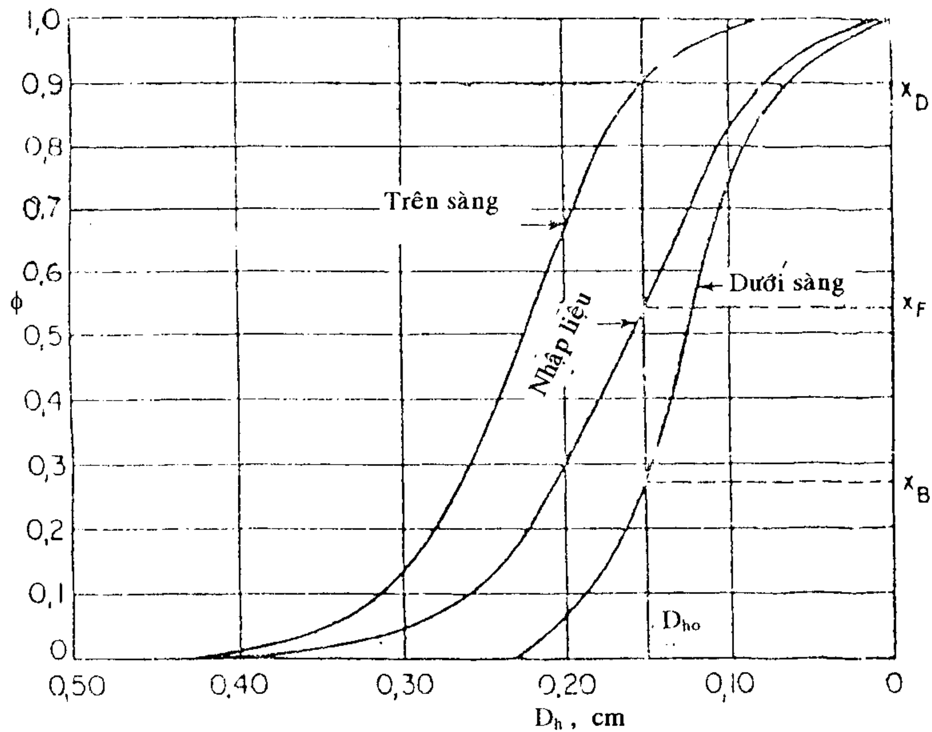
Từ phương trình 2.19

$$\frac{D}{F} = \frac{0{,}540 - 0{,}275}{0{,}895 - 0{,}275} = 0{,}427.$$

$$\frac{B}{F} = 1 - \frac{D}{F} = 1 - 0{,}427 = 0{,}573.$$

Hiệu suất tổng quát theo phương trình (2.24) là

$$E = \frac{(0{,}540 - 0{,}275)\,(0{,}895 - 0{,}540)\,.\,0{,}895(1 - 0{,}275)}{(0{,}895 - 0{,}275)^2\,(1 - 0{,}540)\,0{,}540} = 0.64$$



Hình 2.8: Phân tích tích lũy cho thí dụ 2.2

2.3.5 Phân loại máy sàng

Theo cấu tạo của các bộ phận làm việc thì các máy sàng được chia làm 2 nhóm:

- Mặt sàng phẳng
- Mặt sàng hình trụ

Những mặt sàng phẳng được dùng phổ biến nhất vì chúng có hệ số sử dụng bề mặt làm việc cao nhất. Có 3 nhóm máy sàng sử dụng loại mặt sàng này là:

- Mặt sàng chuyển động tịnh tiến qua lại
- Mặt sàng chuyển động tròn.
- Mặt sàng chuyển động rung .

Mặt sàng hình trụ do hệ số sử dụng bề mặt sàng thấp nên ít được sử dụng hơn

Theo hình thức dao động các máy sàng được chia ra

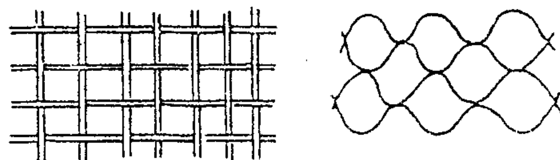
- máy sàng dao động lắc
- máy sàng dao động rung
- sàng quay

2.3.6 Cấu tạo bề mặt sàng

Mặt sàng là chi tiết làm việc chính của máy sàng, nó dùng để phân loại vật liệu. Hiện nay thường sử dụng các loại mặt sàng: lưới đan, tấm đục lỗ và thanh ghi

1. Lưới đan

Loại mặt sàng này dùng để phân loại các vật liệu có kích thước nhỏ và mịn. Hình dạng lỗ đan có thể là hình vuông, hình chữ nhật hay hình lục giác. Sợi đan thường dùng là sợi kim loại: đồng, thép ... hay sợi nhựa tổng hợp. Kích thước sợi đan phải nhỏ hơn kích thước vật liệu lọt qua lỗ sàng, thông thường:



Hình 2.9 Các dạng mặt sàng lưới đan

$d_s = (0,6 \div 0,7)\ d$

d_s: đường kính sợi đan.

d : đường kính vật liệu lọt qua sàng.

Đặc trưng cho lưới sàng là kích thước lỗ và bề mặt tự do của lưới sàng F. Đối với lỗ lưới sàng hình vuông:

$$F = \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{d_s}\right)^2} . 100\% \qquad (2.25)$$

l: kích thước lỗ (mm)

d_s: đường kính sợi đan (mm).

Đối với lỗ hình chữ nhật:

$$F = \frac{l . b}{(b + d_s) . (l + d_s)} 100\% \qquad (2.26)$$

l, b: chiều dài và chiều rộng của lỗ lưới

Ưu điểm của loại mặt sàng này là có bề mặt tự do lớn nhưng nó có nhược điểm là không bền

2. Tấm đục lỗ :

Mặt sàng loại này là những tấm kim loại: thép hay đồng, trên bề mặt có đục các lỗ hình tròn, hình vuông, hình chữ nhật hay hình bầu dục.

Loại mặt sàng này dùng để phân loại các loại vật liệu có kích thước d > 5mm. Các lỗ trên mặt sàng có kích thước từ 5 ÷ 80 mm được bố trí song song hay xen kẽ nhau. Các lỗ hình chữ nhật có kích thước chiều dài gấp ba lần chiều rộng. Đối với các mặt sàng có chiều dày lớn, đục lỗ tròn thì lỗ thường được gia công có hình côn, với góc côn là 14^0 và phần

đáy lớn của hình côn quay xuống dưới.

Khoảng cách giữa hai mép lỗ liên tiếp nhau trên bề mặt sàng:

$$l = 0,9\sqrt{d}\ , \quad mm$$

Với d: đường kính lỗ - mm

Chiều dày của mặt sàng phụ thuộc vào kích thước của lỗ sàng với:

- d < 5 mm thì s = 0,75 d
- d = 5 ÷ 10 mm thì s = 0,7 d
- d > 10 mm thì s = 0,625 d

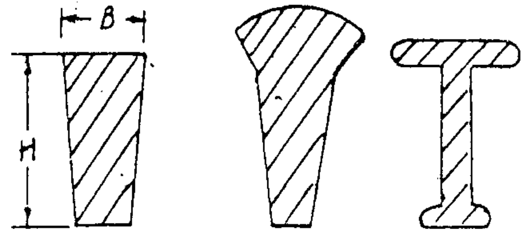
Nhưng chiều dày tối đa của mặt sàng cũng không nên vượt quá 12 mm

Ưu điểm của mặt sàng loại này là bền, thời gian sử dụng dài nhưng nó có nhược điểm là bề mặt tự do nhỏ.

3. Thanh ghi:

Loại này dùng để phân loại các loại vật liệu có kích thước lớn hơn 80 mm. Cấu tạo mặt sàng gồm các thanh ghi được đặt theo chiều dọc sàng; khe hở giữa chúng bằng kích thước của vật liệu lọt qua sàng.

Kich thước của thanh ghi được chọn phụ thuộc vào kích thước của sản phẩm dưới sàng. Với H = d và B = (0,2 ÷ 0,3)d. Các cạnh nghiêng có góc nghiêng khoảng 6° ÷ 10°



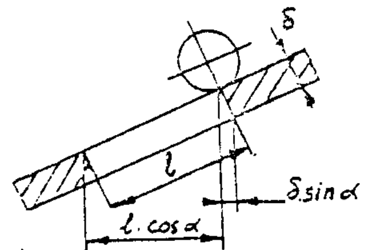
Hình 2.10 Cấu tạo các loại thanh ghi

Chú ý khi lắp đặt phần chiều rộng của thanh ghi có kích thước nhỏ hơn luôn luôn quay xuống dưới.

2.3.7. Các thông số của máy sàng:

1. Kích thước lỗ lưới

Giả thiết vật liệu có dạng hình cầu và sàng đặt nghiêng với một góc α. Khi vật liệu có vận tốc ban đầu bằng 0 thì dưới tác dụng của trọng lực nó sẽ rớt thẳng đứng qua lỗ sàng. Nếu ta gọi d là kích thước của vật liệu thì :



Hình 2.11 : Kích thước lỗ lưới sàng

$$d = l\,.\cos\alpha - \delta\sin\alpha$$

l: chiều dài lỗ sàng.

δ: chiều dày mặt sàng

Nếu sử dụng $\alpha = 45^o$ và $\delta = l/2$ thì $d \approx 0,35l$ hay $l = 2,85\ d$

Như vậy để vật liệu dễ dàng lọt qua sàng thì kích thước lỗ lưới phải luôn lớn hơn kích thước vật liệu lọt qua sàng

Có thể chọn kích thước lỗ lưới theo kinh nghiệm:

- Khi kích thước vật liệu lọt qua sàng $d < 5mm$ thì kích thước lỗ lưới

$$D = d + (0,5 \div 1)\ mm$$

- Khi kích thước vật liệu lọt qua sàng: $d \geq 25mm$ thì kích thước lỗ lưới:

$$D = d + (3 \div 5)\ mm$$

2. Kích thước sàng:

Chiều dài sàng cũng ảnh hưởng nhiều đến hiệu suất quá trình sàng. Nếu chiều dài sàng nhỏ thì lượng vật liệu có thể lọt qua sàng sẽ không có đủ điều kiện để lọt hết qua sàng. Ngược lại nếu sàng dài quá thì sẽ tốn công suất để làm cho máy chuyển động.

Chiều dài thích hợp của sàng được xác định theo công thức:

$$L = K \cdot \frac{B \cdot h}{0,785 \cdot d^2 \cdot z_o} \cdot t \;, \qquad (mm) \qquad (2.27)$$

K - Hệ số tính đến việc bít các lỗ sàng trong quá trình sàng. Thường lấy các giá trị $K = 5 \div 20$.

B - Chiều rộng sàng - mm

h - Chiều dày lớp vật liệu trên bề mặt sàng - mm

d - Kích thước lỗ sàng - mm

z_o - số lỗ trên một hàng.

t - bước của các hàng lỗ - mm

Nếu lấy $t = 2d$ và bước hàng lỗ ngang và hàng dọc bằng nhau, $z_o = B/2d$

thì:
$$L = \frac{2 \cdot K \cdot h}{0,785 \cdot d} \qquad (2.28)$$

Để sàng có kích thước cân đối ta chọn

$$L = (1,2 \div 1,5)\ B.$$

2.3.8 Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sàng:

1. Độ ẩm của vật liệu sàng:

Độ ẩm của vật liệu sàng ảnh hưởng lớn đến quá trình sàng. Khi các vật liệu chuyển động trên bề mặt sàng, các hạt vật liệu sẽ va chạm vào nhau, do đó nếu chúng có độ ẩm cao chúng sẽ dễ dính vào nhau làm tăng kích thước hạt và sẽ không lọt được qua sàng. Mặt khác vật liệu ẩm dễ kết dính vào lỗ lưới, gây bít lỗ lưới sàng. Độ ẩm lý tưởng của vật liệu để hiệu suất sàng đạt cao nhất là 5 %.

2. Bề dày lớp vật liệu trên bề mặt sàng:

Chiều dày lớp vật liệu trên bề mặt sàng cũng ảnh hưởng đến hiệu suất sàng. Nếu lớp vật liệu quá dày thì lớp vật liệu nằm ở trên bề mặt sẽ khó đi xuống phía dưới để tiếp xúc với bề mặt lưới sàng và lọt qua sàng. Nếu lớp vật liệu mỏng thì năng suất của sàng sẽ thấp.

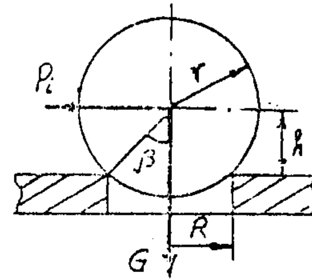
Có thể chọn chiều dày lớp vật liệu trên sàng phụ thuộc vào kích thước vật liệu.

Khi d < 5mm thì bề dày lớp vật liệu $h = (10 \div 15)d$

Khi $d = (5 \div 50)$mm thì $h = (5 \div 10)d$

Khi d > 50 mm thì $h = (3 \div 5)d$

3. Kích thước của vật liệu trên sàng:



Hình 2.12: Sơ đồ lực tác dụng lên hạt vật liệu trên bề mặt sàng.

Khi vật liệu chuyển động trên bề mặt lưới sàng, sẽ có một số hạt vật liệu nằm lọt trong lỗ lưới sàng. Để chúng không bít lỗ sàng và chuyển động ra ngoài thì cần phải tác dụng vào hạt vật liệu một lực nào đó có giá trị thích hợp.

Giả thiết hạt vật liệu hình cầu, có đường kính là 2r nằm trên lỗ lưới có kích thước là 2R và góc bít kín là 2β. Hạt vật liệu sẽ không bật ra khỏi lỗ sàng nếu mômen của lực quán tính không lớn hơn mômen ổn định của trọng lương hạt vật liệu. Để cho hạt vật liệu bật ra khỏi lỗ ta có điều kiện

$$P.h \geq G.R$$

Ta có lực quán tính P được tính :

$$P = m.a = \frac{G}{g}.a \qquad (2.29)$$

m - khối lượng hạt - kg

a - gia tốc của sàng - m/s^2

g - gia tốc trọng trường - m/s^2

h - tay đòn của lực quán tính, tính từ mặt sàng tới tâm hạt vật liệu - m

Ta có: $$h = R.\cot g\beta \qquad (2.30)$$

$$\frac{G}{g}.a.R.\cot g\beta \geq G.R$$

Suy ra: $a \geq g.\mathrm{tg}\beta$

Trong đó β phụ thuộc vào tỉ số hai bán kính :

$$\frac{r}{R} = \frac{1}{\sin\beta}$$

Có nghĩa là khi bán kính R không đổi, nếu r càng lớn thì góc β càng nhỏ và a càng nhỏ. Còn khi r nhỏ thì góc β lớn và a cũng lớn.

Bảng: 2.3: Quan hệ giữa kích thước hạt và gia tốc sàng.

β - độ	10	20	30	40	50	60	70	80
r/R = 1/sinβ	5,8	2,9	2	1,5	1,3	1,15	1,06	1,02
tgβ	0,176	0,364	0,547	0,839	1,192	1,732	2,147	5,67
a	1,72	3,56	5,35	8,2	11,7	17,0	21,0	54.5

§ 2.4. TÍNH TOÁN MÁY SÀNG

2.4.1.Máy sàng lắc phẳng

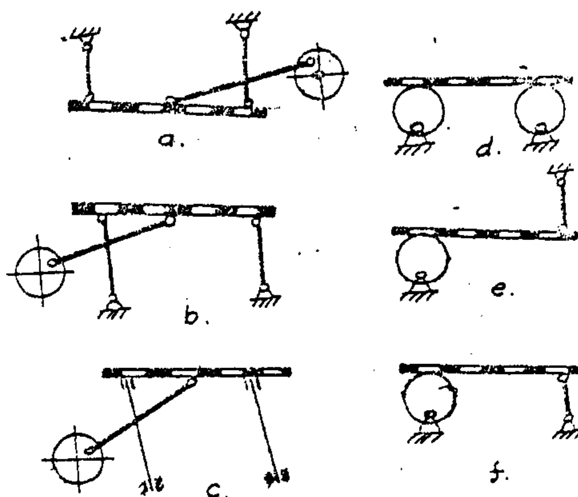
1. Nguyên lý hoạt động và cấu tạo

Sàng lắc phẳng làm việc dưới tác dụng của lực quán tính và trọng lực, tạo ra sự chuyển động tương đối của vật liệu trên bề mặt sàng

Sàng lắc phẳng gồm có một hay hai khung sàng hình chữ nhật trên đó có đặt lưới sàng. Khung sàng được treo hay đặt lên các gối đỡ hay liên kết vào các thanh đàn hồi.

Theo chuyển động lắc của sàng ta chia ra hai loại:

- Có quỹ đạo lắc theo đường tròn
- Có quỹ đạo lắc phức tạp

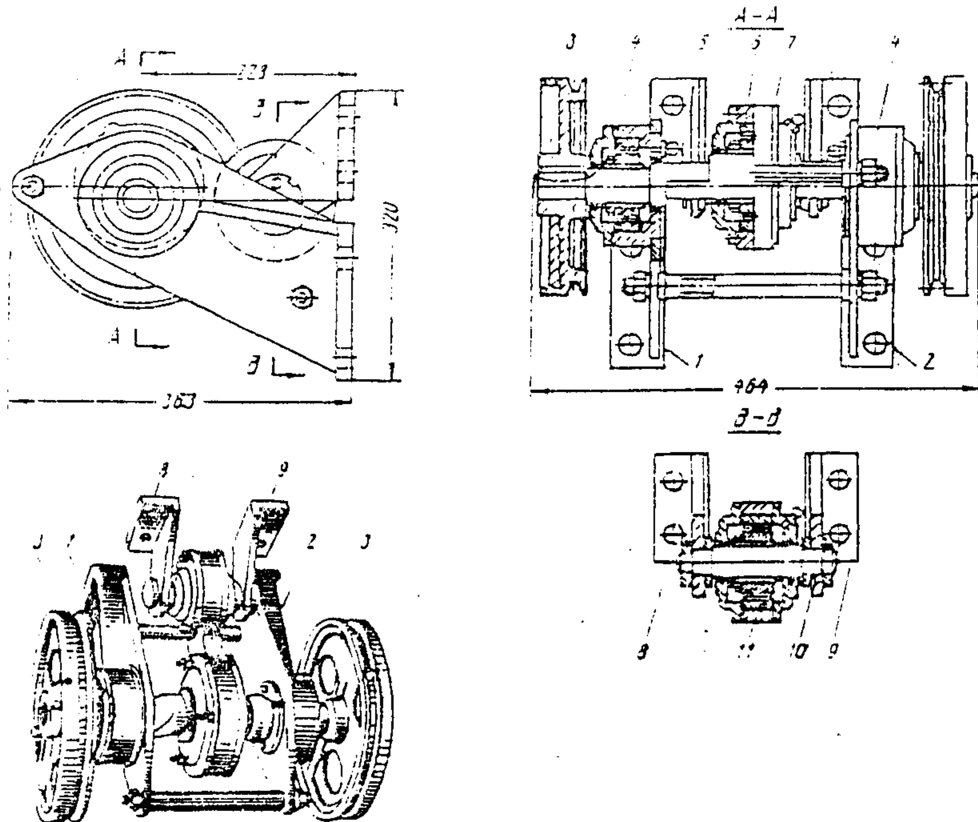


Hình 2.13: Sơ đồ các loại sàng lắc phẳng.

Theo sơ đồ (Hình 2.12) các khung sàng được đặt nghiêng trên các thanh đỡ đứng và được truyền động bằng trục lệch tâm và tay trên. Trên hình 2.12 biểu diễn khung sàng đặt trên các thanh đàn hồi.

Bộ phận truyền động của sàng lắc phẳng có thể sử dụng cơ cấu lệch tâm hay cam đội. Khoảng cách dịch chuyển của sàng từ 10 ÷ 100 mm. Số vòng quay của trục lệch tâm có thể từ 100 ÷300 vg/ph . Số thanh treo có thể từ 2 ÷ 4 cái

Được phổ biến rộng rãi là bộ dao động lệch tâm gồm hai cụm chi tiết lắp chặt với hai thùng sàng và cùng dao động. Cụm thứ nhất gồm hai giá lớn 1 và 2 trong đó có gắn các ổ bi đỡ lồng cầu 4. Trục lệch tâm quay trong các ổ trục. Ở hai đầu trục lắp hai bánh đai 3. Ở phía giữa trục trên chi tiết lệch tâm được lắp ổ bi đỡ lồng cầu 6. Cụm thứ hai của bộ dao động lệch tâm gồm hai giá nhỏ 8 và 9, trên đó lắp trục 10, trên trục này có gắn ổ bi đỡ lồng cầu 11. Vòng ngoài ổ bi có lắp vòng chắn 7. Giá 1 và 2 được bắt chặt với thùng sàng dưới bằng bulong, còn giá 8 và 9 thì bắt vào thùng sàng trên. Bộ dao động lệch tâm được



Hình 2.14: Cấu tạo của bộ dao động lệch tâm

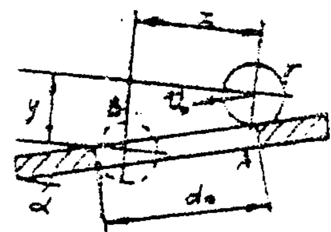
chuyển động qua bánh đai 3. Biên độ dao động của các thùng sàng phù hợp với trục lệch tâm 5.

Ưu điểm của bộ dao động lệch tâm là kết cấu đơn giản, khối lượng nhỏ. Nhược điểm là chỉ có khả năng truyền chuyển động khi có hai thùng sàng vì thế thân sàng phải chia ra làm hai phần rời nhau.

2. Tính máy sàng lắc phẳng :

a. *Xác định vận tốc chuyển động tương đối của vật liệu*

Xét chuyển động của hạt liệu hình cầu bán kính r trên bề mặt sàng đặt nghiêng một góc α có kích thước lỗ là d_0. Vận tốc hạt vật liệu là v_0. Để có thể lọt qua lỗ sàng , hạt vật liệu phải di chuyển từ điểm A tới điểm B.



Hình 2.15: Sơ đồ xác định vận tốc chuyển động tương đối của vật liệu

Sau thời gian t hạt di chuyển được quảng đường:

- Theo phương nằm ngang

$$x = v_o^{\cdot} . t . \cos\alpha \qquad (2.31)$$

- Theo phương thẳng đứng:

$$y = \frac{gt^2}{2} \qquad (2.32)$$

Mặt khác

$$x = (d_o - r - rtg\alpha)\cos\alpha \qquad (2.33)$$

$$y = (d_o - r - rtg\alpha)\sin\alpha + \frac{r}{\cos\alpha} \qquad (2.34)$$

Cân bằng hai biểu thức (2.31) và (2.33)

$$v_o t \cos\alpha = (d_o - r - rtg\alpha)\cos\alpha \qquad (2.35)$$

Suy ra

$$t = \frac{(d_o - r - rtg\alpha)\cos\alpha}{v_o \cos\alpha} = \frac{d_o - r - rtg\alpha}{v_o} \qquad (2.36)$$

Cân bằng biểu thức (2.32) và (2.34) ta có:

$$\frac{gt^2}{2} = (d_o - r - r\,tg\alpha)\sin\alpha + \frac{r}{\cos\alpha}$$

rút ra:

$$t^2 = \frac{2(d_o - r - rtg\alpha)\sin\alpha}{g} + \frac{2r}{g\cos\alpha} \qquad (2.37)$$

Cân bằng biểu thức (2.36) và (2.37) ta có:

$$\left(\frac{d_o - r - rtg\alpha}{v_o}\right)^2 = \frac{2}{g}\left[(d_o - r - rtg\alpha)\sin\alpha + \frac{r}{\cos\alpha}\right]$$

Rút ra:

$$v_o = (d_o - r - rtg\alpha) . \sqrt{\frac{g . \cos\alpha}{(d_o - r - rtg\alpha)\sin 2\alpha + 2r}} \qquad (2.38)$$

Biểu thức (2.38) mô tả mối quan hệ giữa vận tốc hạt vật liệu trên sàng v_o với góc nghiêng của sàng α, kích thước lỗ sàng d_o và kích thước hạt vật liệu r .

Khi sàng nằm ngang : $\alpha = 0$ thì:

$$v_o = (d_o - r) \quad \frac{g}{2}$$

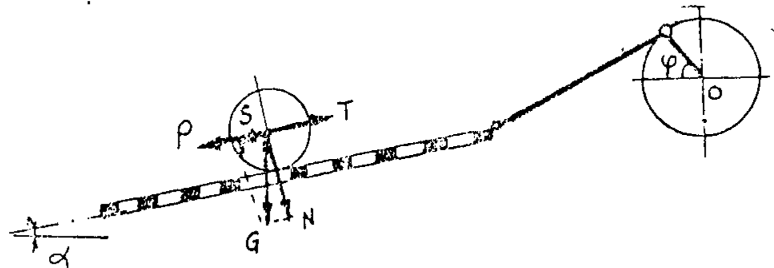
Để cho hạt lọt qua lỗ sàng dể dàng nên chọn vận tốc chuyển động của vật liệu trên sàng:

$$v = (0,7 \div 0,8)\, v_o$$

b. Xác định số vòng quay của cơ cấu lệch tâm

Vận tốc chuyển động của hạt vật liệu trên sàng được xác định bởi số vòng quay của cơ cấu lệch tâm.

Khảo sát chuyển động của hạt vật liệu có khối lượng m nằm trên sàng. Hạt vật liệu sẽ chịu tác dụng của các lực sau:



Hình 2.16 :Sơ đồ lực tác dụng lên hạt vật liệu nằm trên sàng.

- Trọng lực G
- Lực lôi cuốn $S = G \,.\, \sin\alpha$
- Lực ma sát $T = N \,.\, \mu = G \,.\, \mu \,.\, \cos\alpha$
- Lực quán tính $P = \dfrac{G}{g} \,.\, a$

Với

μ- hệ số ma sát của vật liệu với bề mặt sàng

α - góc nghiêng của sàng. Ở đây ta chọn góc α phải nhỏ hơn góc ma sát giữa vật liệu với bề mặt sàng để hạt vật liệu không tự trượt trên bề mặt sàng

a là gia tốc của sàng

$$a = \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 . e . \cos\varphi$$

Trong đó

e : bán kính lệch tâm.

φ: góc tạo bởi bán kính trục lệch tâm OC và phương chuyển động của sàng. Góc φ thay đổi từ $0^o \div 180^o$ do đó $\cos\alpha$ có giá trị từ 1 đến -1.

Khi trục lệch tâm quay được một vòng thì sàng thực hiện được một chu kỳ giao động tiến và lùi.

- Khi sàng lùi, để cho hạt vật liệu không lùi theo sàng mà trượt tương đối trên bề mặt sàng ta có điều kiện

$$P + S > T$$

Hay:

$$\left(\frac{G}{g}\right)\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 . e \cos\varphi + G\sin\alpha > G \,.\, \mu \cos\alpha \tag{2.39}$$

$$\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \cdot \frac{e\cos\varphi}{g} + \sin\alpha > \mu\cos\alpha \qquad (2.40)$$

Giá trị lực quán tính đạt tới cực đại khi $\varphi = 0$ tức là $\cos\varphi = 1$

Nếu $g \approx \pi^2$ ta có:

$$n > 30\sqrt{\frac{\mu\cos\alpha \ \sin\alpha}{e}}, \ \text{vg/ph} \qquad (2.41)$$

- Khi sàng tiến để cho hạt vật liệu tiến theo sàng ta có điều kiện

$$T + S > P$$

Hay

$$G \cdot \mu\cos\alpha + G \cdot \sin\alpha > \frac{G}{g}\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \cdot e \cdot \cos\varphi \qquad (2.42)$$

Nếu xét về giá trị tuyệt đối thì trong trường hợp này lực quán tính có giá trị cực đại khi $\varphi = 180^0$ và $\cos\varphi = -1$

Nếu lấy: $g = \pi^2$ và $|\cos\varphi| = 1$ ta có:

$$n < 30\sqrt{\frac{\mu\cos\alpha + \sin\alpha}{e}}, \ \text{v/ph} \qquad (2.43)$$

Như vậy trong trường hợp này giới hạn quay của trục lệch tâm là:

$$30\sqrt{\frac{\mu\cos\alpha - \sin\alpha}{e}} < n < 30\sqrt{\frac{\mu\cos\alpha + \sin\alpha}{e}} \qquad (2.44)$$

Với e tính bằng m.

Khi thiết kế ta thường chọn số vòng quay của trục lệch tâm theo công thức:

$$n \approx 40\sqrt{\frac{\mu\cos\alpha - \sin\alpha}{e}}, \ \text{v/ph} \qquad (2.45)$$

Vận tốc trượt tương đối của hạt vật liệu trên sàng có giá trị cực đại:

$$v_{max} = \frac{\pi n}{30} \cdot e, \quad \text{m/s} \qquad (2.46)$$

từ đây ta có:

$$e = \frac{30}{\pi n} \cdot v_{max} \qquad (2.47)$$

Vận tốc dịch chuyển trung bình của khối hạt trên lưới sàng:

$$v_{tb} = \frac{\pi n}{30} e \cdot k \quad \text{m/s} \qquad (2.48)$$

Trong đó k: hệ số tính đến sự chuyển động không cùng hướng của vật liệu trên sàng và thường lấy giá trị k = 0,45.

c. Xác định năng suất của sàng lắc phẳng.

Năng suất của sàng phụ thuộc vào kích thước của sàng, vận tốc vật liệu trên sàng, kích thước của hạt vật liệu

Năng suất được xác định theo công thức:

$$Q = F \cdot v_{tb} \cdot \beta \cdot \rho \cdot 3600, \ (kg/h) \qquad (2.49)$$

F - diện tích tiết diện ngang của khối vật liệu trên sàng

$$F = B \cdot h \ , \ (m^2)$$

Với B- chiều rộng khung sàng, m

h- chiều dày lớp vật liệu trên sàng , m

v_{tb}- vận tốc chuyển động trung bình của vật liệu, m/s

β - độ xốp của vật liệu ; $\beta = 0,3 \div 0,6$

ρ - khối lượng riêng của vật liệu kg/m^3

d. Xác định công suất của sàng lắc:

Công suất của sàng được tính theo công thức

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} \cdot K, \ (kW) \qquad (2.50)$$

Với N_1- công suất tạo động năng cho sàng chuyển động

N_2- công suất để khắc phục lực ma sát giữa vật liệu với bề mặt sàng

N_3- công suất thắng lực ma sát tại cơ cấu lệch tâm

η- hệ số công có ích.

K- hệ số an toàn

- Động năng của khối chuyển động được xác định

$$A = \frac{G}{2g}(v_1^2 + v_2^2) \qquad (2.51)$$

$G = G_s + G_v$: Trọng lượng tổng cộng bao gồm trọng lượng sàng(G_s) và trọng lượng khối vật liệu (G_v)

v_1, v_2: vận tốc sàng lúc tiến và lúc lùi. Lấy trong trường hợp:

$$v_1 = v_2 = v_{max} = \frac{\pi \cdot e \cdot n}{30} \qquad (2.52)$$

Lúc đó:

$$A = \frac{G}{g} \cdot v_{max}^2 = \frac{G}{g} \cdot \left(\frac{\pi \cdot e \cdot n}{30}\right)^2 \qquad (2.53)$$

Công suất để tạo ra động năng sẽ là:

$$N_1 = \frac{A}{10^3} \cdot \frac{n}{60} = \frac{G \cdot e^2 \cdot n^3}{54 \cdot 10^6}, \quad (kW) \qquad (2.54)$$

Với e: khoảng cách lệch tâm, m

n: số vòng quay của trục lệch tâm , v/ ph

- Công suất để thắng lực ma sát giữa vật liệu với bề mặt sàng

$$N_2 = \frac{\mu_2 G_v \cdot v_{tb}}{10^3}, \quad (kW) \qquad (2.55)$$

μ_2: hệ số ma sát giữa vật liệu với bề mặt sàng.

G_v: trọng lượng lớp vật liệu trên sàng (N)

$G_v = B \cdot L \cdot h \cdot \beta \cdot \rho \cdot g$

B, L: chiều rộng và dài của sàng, m

h: chiều cao lớp vật liệu trên sàng (m)

β: độ xốp của vật liệu

ρ: khối lượng riêng của vật liệu kg/m^3

- Công suất để khắc phục lực ma sát tại cơ cấu lệch tâm

$$N_3 = \frac{\mu_3 \cdot P \cdot v_3}{10^3}, \quad (kW) \qquad (2.56)$$

μ_3: hệ số ma sát tại ổ trục cơ cấu lệch tâm

P: lực quán tính của toàn bộ sàng (N)

$$P = \frac{G}{g} \cdot a = \frac{G}{g} \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \cdot e \qquad (2.57)$$

v_3: vận tốc dài tại ổ trục cơ cấu lệch tâm m /s

$$v_3 = \frac{\pi n}{30} \cdot r \qquad (2.58)$$

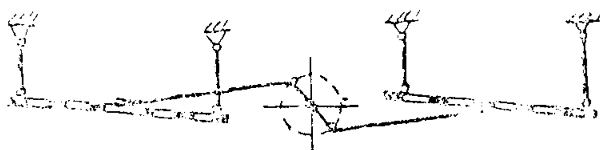
r : bán kính ổ trục, m

e. Cân bằng sàng lắc phẳng

Khi làm việc do sàng chuyển động qua lại, vận tốc, gia tốc của sàng luôn thay đổi về

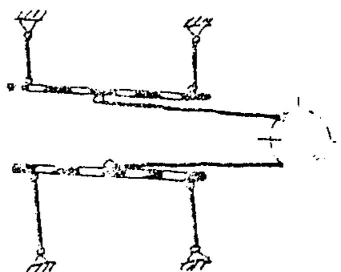
trị số và hướng dẫn đến việc sinh ra lực quán tính tác dụng lên cơ cấu truyền động của sàng làm giảm tuổi thọ của các chi tiết. Để làm giảm tác dụng của các lực quán tính ta cân bằng sàng khi sàng làm việc. Có mấy phương pháp cân bằng sàng :

- Cân bằng hai sàng đặt thẳng hàng (Hình 2.17)

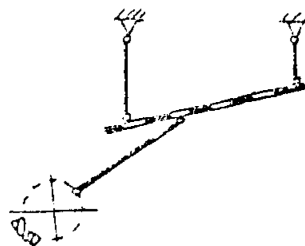


Hình 2.17

- Cân bằng hai sàng đặt chồng lên nhau. (Hình 2.18)
- Cân bằng nhờ đối trọng (Hình 2.19)



Hình 2.18

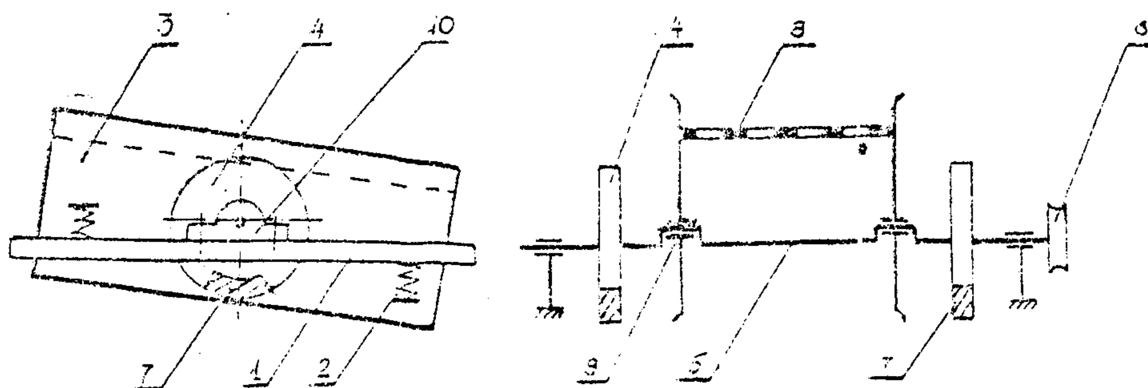


Hình 2.19

2.4.2 Máy sàng quay:

1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Máy gồm khung sàng 3, bên trong có đặt lưới sàng 8. Trên khung sàng đặt gối đỡ 9 của trục lệch tâm 5; trục này được cố định trên hai gối đỡ ngoài 10. Trên trục lệch tâm có



Hình 2.20: Nguyên lý cấu tạo máy sàng quay

gắn hai bánh đà 4, trên đó có gắn đối trọng 7 để cân bằng cho sàng. Khung sàng được giảm rung động bằng lò xo 2. Trục lệch tâm được truyền động từ bánh đai 8. Khi trục lệch tâm quay, do khung sàng được gắn cùng với trục nên sẽ cùng quay theo và vạch ra quỹ đạo tròn có bán kính bằng độ lệch tâm. Do khung sàng chuyển động sẽ sinh ra lực ly tâm, để cân bằng ta phải sử dụng các đối trọng 7.

Khi sàng chuyển động tròn, thì vật liệu trên bề mặt sàng dưới tác dụng của lực ly tâm sẽ nẩy lên khỏi bề mặt sàng và do sàng đặt nghiêng vật liệu sẽ chuyển động tương đối với mặt sàng, quá trình sàng sẽ được thực hiện.

Độ lệch tâm trong loại sàng này e = (1,5 ÷ 6) mm

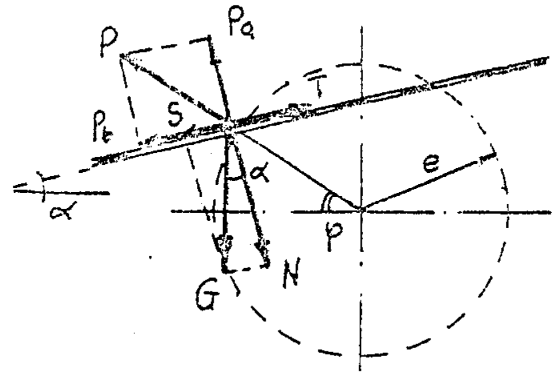
Số vòng quay của trục lệch tâm n = (600 ÷ 2000) v/ph

Năng suất của máy Q = 500 m^3/h

2. Tính toán máy sàng quay

a. Xác định số vòng quay của trục lệch tâm

Khi sàng làm việc, mọi điểm trên sàng đều chuyển động theo quỹ đạo tròn có bán kính bằng độ lệch tâm. Do đó các hạt vật liệu trên đây cũng sẽ có quỹ đạo chuyển động tương tự và chịu tác dụng của các lực sau:



Hình 2.21: Sơ đồ lực tác dụng lên hạt vật liệu trên mặt sàng

- Trọng lực G
- Lực ly tâm

$$P = \frac{G}{g}.\frac{v^2}{e} = \frac{G}{g}\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2.e \qquad (2.59)$$

Phân tích các lực trên thành các lực thành phần ta có:

$$N = G\cos\alpha \ ; \quad S = G\sin\alpha$$

và

$$P_b = P\cos\varphi \ ; \quad P_a = P\sin\varphi$$

Lực ma sát T được xác định:

$$T = (N \pm P_a).\mu \qquad (2.60)$$

Điều kiện để hạt vật liệu trượt trên bề mặt sàng

$$(S \pm P_b) > T$$

Hay

$$S \pm P_b > (N \pm P_a).\mu \qquad (2.61)$$

$$(G\sin\alpha \pm P\cos\varphi) > (G\cos\alpha \pm P\sin\varphi)\mu$$

Xét điều kiện trên khi góc φ thay đổi:

- Khi $\varphi = 0$ ta có:

$$G\sin\alpha + P > \mu\, G\cos\alpha$$

Thay giá trị P ta rút ra:

$$n_1 > 30\sqrt{\frac{\mu\cos\alpha - \sin\alpha}{e}}, \quad v/ph \tag{2.62}$$

- Khi $\varphi = 90^0$ ta có:

$$G\sin\alpha > (G\cos\alpha - P)\,.\,\mu$$

Thay giá trị P vào ta rút ra:

$$n_2 > 30\sqrt{\frac{\mu\cos\alpha - \sin\alpha}{\mu\, e}}, \quad v/ph \tag{2.63}$$

- Khi $\varphi = 180°$ ta có:

$$G\sin\alpha - P > \mu\, G\cos\alpha$$

Thay giá trị P vào ta rút ra:

$$n_3 < 30\sqrt{\frac{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}{e}}, \quad v/ph \tag{2.64}$$

- Khi $\varphi = 270°$ ta có:

$$G\sin\alpha > (G\cos\alpha + P)\,.\,\mu$$

Thay giá trị P vào ta rút ra:

$$n_4 < 30\sqrt{\frac{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}{\mu\, e}}, \quad v/ph \tag{2.65}$$

Vì $\mu < 1$ nên $\mu\,.\,e < e$ như vậy ta thấy $n_2 > n_1$ và $n_4 > n_3$. Lúc đó số vòng quay cần thiết của trục lệch tâm đảm bảo cho vật liệu chuyển động trên sàng: $n_3 > n > n_2$

hay

$$30\sqrt{\frac{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}{e}} > n > 30\sqrt{\frac{\mu\cos\alpha - \sin\alpha}{\mu\, e}}, \quad v/ph \tag{2.66}$$

b. Xác định năng suất của sàng

Năng suất của sàng được tính theo công thức

$$Q = 3600\,.\,B\,.\,h\,.\,v_{tb}\,.\,\rho\,.\,\beta\,, \quad kg/h \tag{2.67}$$

Trong đó

B: Chiều rộng của sàng , m

h: Chiều rộng lớp vật liệu trên sàng, m

ρ: khối lượng riêng của vật liệu kg/m^3

β: độ xốp của vật liệu

v_{tb}: vận tốc trung bình của vật liệu trên sàng , m/s

$$v_{TB} = \frac{\pi n}{30} . e . k \tag{2.68}$$

e: độ lệch tâm , m

n: số vòng quay của trục lệch tâm, v/ph

k: hệ số tính tới sự chuyển động không cùng hướng của vật liệu trên sàng; lấy k = 0,45.

c. Công suất của sàng

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta} . K \text{ (kW)} \tag{2.69}$$

* N_1 : công suất để tạo động năng cho sàng

$$N_1 = \frac{A}{10^3 . \tau}, \quad \text{kW} \tag{2.70}$$

A: Động năng sàng nhận được trong một vòng quay.

$$A = \frac{G . v^2}{2g} = \frac{G}{2g} . \left(\frac{\pi n}{30} . e\right)^2 = \frac{G . n^2 . e^2}{1800} \tag{2.71}$$

$G = G_s + G_v$:Trọng lượng của sàng và vật liệu trên sàng (N)

v: vận tốc vòng của sàng , m/s

τ: thời gian quay một vòng

$\tau = 60/n$

Vậy $$N_1 = \frac{G . n^3 . e^2}{1,08 . 10^8}, \quad \text{(kW)} \tag{2.72}$$

* N_2: công suất để thắng lực ma sát ở ổ đỡ của trục lệch tâm

$$N_2 = \frac{P_{ms} . v_1}{10^3}, \quad \text{(kW)}$$

v_1: vận tốc vòng của ổ đỡ trục, m/s

$$v_1 = \frac{\pi . n}{30} . r$$

n: số vòng quay của trục lệch tâm v/ph

r: bán kính cổ trục lệch tâm, m

P_{ms}: lực ma sát ở ổ đỡ

$$P_{ms} = (G + P_{lt}) \cdot f_1$$

G: trọng lượng của vật liệu trên sàng và sàng , (N)

f_1: hệ số ma sát tại cổ trục.

P_{lt}: lực ly tâm

$$P_{lt} = \frac{G \cdot n^2 \cdot e}{900}$$

Vậy

$$N_2 = \frac{\pi \cdot r \cdot n \cdot f_1 \cdot G}{30 \cdot 10^3}\left(1 + \frac{n^2 \cdot e}{900}\right), \quad kW \qquad (2.73)$$

2.4.3. Máy sàng rung:

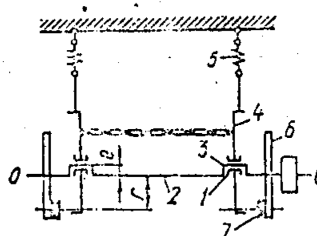
Trong sản xuất máy sàng rung thường được dùng vào các mục đích sau:

1. Phân loại vật liệu.
2. Vận chuyển vật liệu.
3. Làm tơi và làm nguội vật liệu.

Thường có hai cơ cấu gây rung động cho máy sàng rung là đĩa có gắn đối trọng và cơ cấu lệch tâm. Trong cơ cấu thứ nhất, các đĩa có đối trọng được gắn lên trục dẫn động của máy. Khi trục quay thì các đĩa này gây nên các lực quán tính làm cho thùng sàng chuyển động theo các hướng khác nhau. Trong cơ cấu thứ hai, trục lệch tâm của máy tựa trên các gối đỡ, các gối đỡ này lại được gắn vào thùng sàng. Khi hoạt động thì thùng sàng sẽ thực hiện chuyển động rung nhờ sự quay của trục lệch tâm.

Hình 2.22 là sơ đồ của máy sàng rung (sàng có lưới thực hiện dao động rung). Ở máy này sự rung động được tạo thành nhờ đối trọng quay, ở lưới trên các hạt lớn được tách ra, còn ở lưới dưới là các hạt nhỏ.

Đặc trưng của máy sàng rung là tần số dao động cao (1000 ÷ 3000 dao động/phút) với biên độ dao động nhỏ (2 ÷ 0,5 mm). Thùng sàng 1 có gắn lưới sàng tựa trên bốn lò xo xoắn thẳng đứng 2,3. Các chi tiết dùng để lắp ghép các lò xo với thùng sàng cho phép điều chỉnh mức độ kéo căng của chúng. Tại trọng tâm của thùng sàng có trục 4 và trên trục này gắn đối trọng 5.



Hình 2.22: Sơ đồ nguyên lý máy sàng rung.
1. Thùng sàng; 2,3. Lò so; 4. Trục; 5. Đối trọng.

Khi trục mang đối trọng quay thì trọng tâm của thùng sàng chuyển dịch tương đối với trọng tâm của toàn hệ, còn trọng tâm của toàn hệ thì đứng yên. Quỹ đạo chuyển dịch của thùng sàng trong thực tế biến đổi từ dạng hình tròn sang dạng ô-van. Với sai số không lớn ta có thể coi thùng sàng chuyển dịch theo quỹ đạo tròn với bán kính r (với r là khoảng cách từ trọng tâm cố định của hệ đến trọng tâm của thùng sàng)

Năng suất của máy sàng rung có thể xác định theo công thức:

$$Q = B\,q\text{ , kg/h} \tag{2.74}$$

Trong đó

B : chiều rộng mặt sàng, cm.

q: tải trọng riêng của mặt sàng, kg/h.cm

Chiều dài mặt sàng

$$L = \frac{q}{36\rho\, v_{tb}}\text{, m} \tag{2.75}$$

Với ρ: khối lượng riêng của sàng, kg/m^3

v_{tb}: vận tốc trung bình của hạt vật liệu, có thể lấy bằng 0,003 - 0,004 m/s. Biên độ dao động rung (A) có thể lấy bằng hoặc gần bằng chiều dài trung bình l của hạt vật liệu đem sàng

$$A \approx l \tag{2.76}$$

Số vòng quay của đối trọng (hoặc số lần dao động) được xác định như sau

Vì gia tốc $$a = \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \frac{l}{2} \tag{2.77}$$

nên $$n = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{2a}{l}}\text{, vg/ph} \tag{2.78}$$

Để giảm mức độ va đập của mặt sàng, có thể lấy gia tốc a = (3 ÷ 4)g (với g là gia tốc trọng trường, m/s^2).

Với máy sàng rung, muốn làm sạch hạt đạt được hiệu quả công nghệ cao cần phải có những giá trị thích hợp về biên độ, tần số dao động, tải trọng riêng và độ dốc của lưới sàng.

Bảng 2.4: Thông số thích hợp của máy sàng rung cho một số ngũ cốc.

Vật liệu cần phân loại	Các thông số thích hợp			
	Biên độ,mm	Số vòng quay trong 1 phút	Độ dốc của lưới sàng,độ	Tải trọng riêng, kg/h.cm
Lúa mì	3	1250	8	84
Đại mạch	3,5	1200	8	78
Kê	1,5	1850	8	48

Công suất của máy sàng được tính theo công thức sau

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta} . K, kW \quad (2.79)$$

Với K : hệ số dự trữ

η : hiệu suất

N_1: công suất để tạo ra động năng của sàng

$$N_1 = \frac{G_S . n^3 . e^2}{1,08 . 10^8}, kW \quad (2.80)$$

Trong đó

G_S: trọng lượng của sàng, N

n : số vòng quay của trục lệch tâm, vòng/phút

e : khoảng lệch tâm, m

N_2: là công suất để thắng lực ma sát

$$N_2 = \frac{f G_n R \pi r n^3}{2,7 . 10^7}, kW \quad (2.81)$$

f: hệ số ma sát tại ổ trục

G_n: trọng lượng của quả nặng, N

R: bán kính từ tâm quay tới trọng tâm quả nặng, m

r: bán kính cổ trục, m

n: số vòng quay của trục lệch tâm, vòng/phút

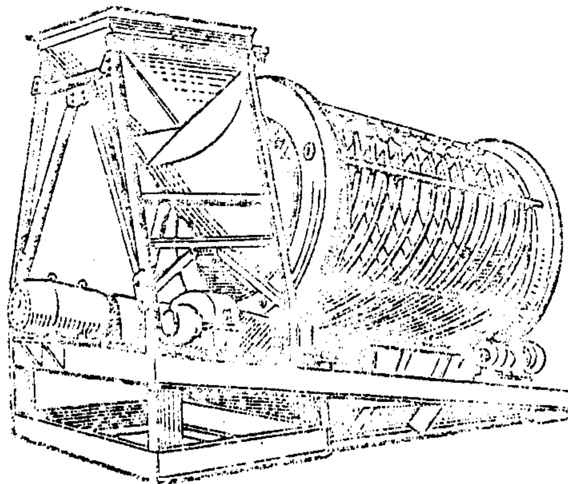
2.4.4 Máy sàng thùng quay:

1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động:

Máy gồm ống hình trụ hoặc hình lăng trụ, trên thân có đục lỗ hoặc bọc lưới đan. Thân thùng được đỡ trên những ổ đỡ hay được cố định vào trục ở tâm thùng bằng các vành nan hoa. Vật liệu đi vào thùng nhờ các phễu nhập liệu 2. Sản phẩm nằm trên sàng sẽ di chuyển dần ra phía cuối sàng và được chứa vào bồn chứa 5. Sản phẩm lọt qua sàng sẽ được chứa vào bồn chứa 6.

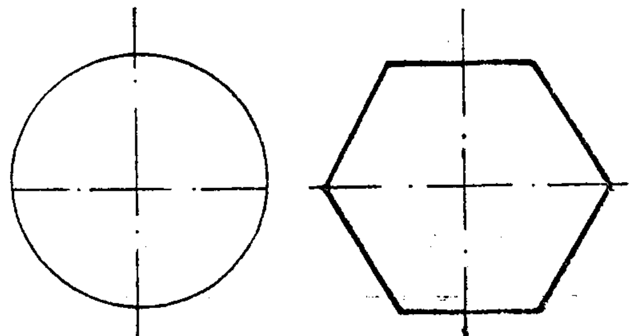
Máy sàng thùng quay có thể phân loại vật liệu rời thành nhiều cỡ hạt khác nhau bằng cách cấu tạo sàng nối tiếp có kích thước lỗ khác nhau hay lồng các sàng với nhau.

Thùng quay có dạng hình trụ, lăng trụ lục giác hoặc nón cụt trong đó loại mặt sàng hình lăng trụ lục giác làm việc có hiệu quả nhất do ngoài hiện tượng trượt còn xảy ra hiện tượng va chạm của vật liệu từ mặt sàng này sang mặt sàng khác. Các thùng hình trụ hoặc lục giác thường đặt nghiêng so với phương nằm ngang một góc từ 4 - 7^o, còn thùng hình



Hình 2.23: Cấu tạo máy sàng thùng quay
1. Phễu nhập liệu; 2. Sàng; 3. Trục quay; 4. Ổ đỡ;
5. Thùng chứa sản phẩn trên sàng; 6. Thùng chứa sản phẩm qua sàng.

nón cụt thường đặt nằm ngang và góc của đường sinh hình nón thường từ 10 - 15°. Khi thùng quay vật liệu trong thùng sẽ được nâng lên một góc nhất định, sau đó sẽ trượt tương đối trên bề mặt sàng và sẽ di chuyển đến cuối sàng theo quỹ đạo xoắn ốc do sàng được đặt nghiêng.



Hình 2.24: Các loại sàng thùng quay.

Máy sàng thùng quay có ưu điểm là làm việc ổn định, cân bằng, không gây ra rung động, nhưng có nhược điểm là hệ số sử dụng bề mặt sàng thấp, thường khoảng 10 - 20 %, và vật liệu có thể bị vỡ vụn khi sàng

Sàng thùng quay thường có kích thước sau:

- Đường kính sàng D = (0,5 ÷ 1,5) m
- Chiều dài sàng L = (4 ÷ 8) m
- Năng suất Q = (20 ÷ 50) m^3

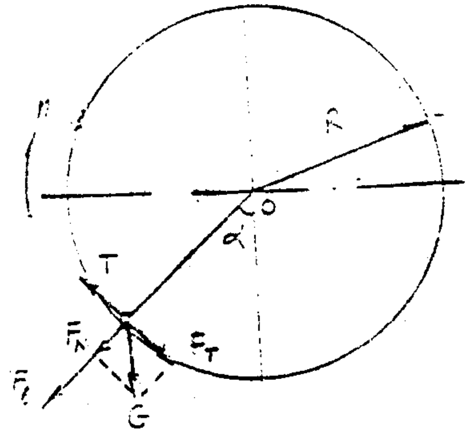
2. Tính toán các thông số của máy sàng thùng quay

a. Số vòng quay của thùng: Để quá trình phân loại xảy ra, hạt vật liệu phải có đồng thời hai chuyển động;

- Theo chiều dài sàng do sàng đặt nghiêng và dưới tác động của trọng lượng:

- Theo chu vi sàng do lực ma sát sinh ra do thùng quay.

Xét chuyển động của hạt vật liệu theo chu vi sàng, khi thùng quay hạt vật liệu chịu tác dụng của các lực



Hình 2.25: Sơ đồ lực tác dụng lên hạt vật liệu trên sàng

- Lực ly tâm $F_l = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R}$

- Trọng lực G gồm hai thành phần

$F_N = G\cos\alpha$ và

$F_T = G\sin\alpha$

- Lực ma sát $T = (F_N + F_l)\mu$

Điều kiện để hạt vật liệu không thể chuyển động lên trên theo sàng là:

$F_T \geq T$ hay

$$G\sin\alpha \geq \left(G\cos\alpha + \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R}\right)\mu \tag{2.82}$$

Với μ: là hệ số ma sát giữa hạt vật liệu và bề mặt sàng thường có giá trị khoảng 0,7

Ngoài ra $v = \frac{\pi n}{30} R$

thay biểu thức trên vào (2.82) ta được

$$n \leq 30\sqrt{\frac{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}{\mu R}}, \quad vg/ph \tag{2.83}$$

khi $\alpha = 90^o$ ta có

- Với sàng hình trụ

$$n_{max} = \frac{30}{\sqrt{\mu R}}, \quad vg/ph \tag{2.84}$$

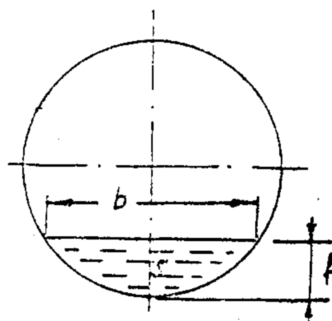
với R là bán kính thùng quay, m

- Với sàng hình lục giác

$$n_{max} = \frac{30}{\sqrt{r(\mu + 0{,}58)}}, \quad vg/ph \tag{2.85}$$

Với r là bán kính quay nhỏ nhất của bề mặt sàng, m

Công thức trên chỉ đúng với trường hợp chiều dày lớp vật liệu bằng kích thước hạt vật



Hình 2.26: Sơ đồ xác định năng suất máy sàng thùng quay.

liệu. Đối với lớp hạt có chiều dày lớn hơn ta cần phải thêm hệ số hiệu chỉnh. Thực tế có thể lấy $n = 1{,}2n_{max}$

b. Năng suất máy sàng thùng quay: Năng suất của máy sàng được xác định bằng tích số giữa diện tích mặt cắt lớp vật liệu trong thùng với tốc độ di chuyển dọc trục của hạt

$$Q = S\, v_o \rho \beta\ 3600, \quad kg/h \tag{2.86}$$

Với S: diện tích mặt cắt ngang lớp vật liệu trong thùng ,m^2

v_o : vận tốc di chuyển dọc trục của vật liệu, m/s

ρ: khối lượng riêng của vật liệu, kg/m^3

β: độ xốp của vật liệu

Ta có thể xác định S một cách gần đúng như sau

$$S = \frac{2}{3} b\,.\,h, \quad m^2 \tag{2.87}$$

Với h: chiều dày lớp vật liệu , m

b: chiều rộng lớp vật liệu ,m

Ta có

$$\frac{b}{2} = \sqrt{R^2 - (R-h)^2} = \sqrt{2Rh - h^2} \tag{2.88}$$

Vì $h^2 << 2Rh$ nên có thể bỏ qua, do đó

$$\frac{b}{2} \approx \sqrt{2Rh}$$

suy ra $\quad b = 2{,}83\sqrt{Rh}$

Vì bề mặt sử dụng của sàng chỉ khoảng 25% bề mặt thùng do đó có thể xác định h theo R

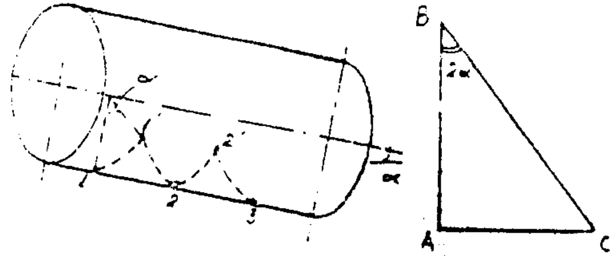
$$h = R(1 - \cos 45^o) = 0{,}293\,R$$

Vì vậy $$b = 2{,}83\sqrt{2{,}93\,R^2} = 1{,}54\,R$$

do đó $$S = \frac{2}{3}b.h = \frac{2}{3}.1{,}54R.0{,}293R = 0{,}3\,R^2$$

Vận tốc di chuyển dọc trục của vật liệu v_o được xác định như sau:

Khi thùng quay hạt vật liệu được nâng từ vị trí 1 lên 1', sau đó trượt xuống vị trí 2 và lại tiếp tục được nâng lên vị trí 2'... Do thùng đặt nghiêng một góc α so với mặt phẳng nằm ngang nên có thể xem hạt được nâng lên một góc bằng α và rơi xuống với góc rơi bằng α. Do đó ta có thể biểu diễn quĩ đạo di chuyển của hạt trên hình tam giác ABC trong đó:



Hình 2.27: Sơ đồ xác định vật tốc vật liệu di chuyển trong sàng.

AB là chiều dài quảng đường nâng hạt vật liệu

BC là chiều dài quảng đường trượt xuống của hạt vật liệu

AC là chiều dài di chuyển dọc trục của vật liệu

Ta có tỉ lệ: $tg\,2\alpha = \dfrac{AC}{AB} = \dfrac{v_o}{v}$

trong đó

v_o: vận tốc di chuyển dọc trục.

v: vận tốc dài của hạt vật liệu theo phương tiếp tuyến khi chuyển động tròn.

Suy ra $$v_o = v\,tg\,2\alpha = \frac{\pi n}{30} R\,tg\,2\alpha$$

Vậy năng suất của máy sàng thùng quay được xác định

$$Q = 36\pi\, n\, R^3 \rho \beta\, .\, tg2\alpha\ , \quad kg/h \tag{2.89}$$

Với n: số vòng quay của thùng, vòng/ph

R: bán kính thùng quay, m

ρ: khối lượng riêng của vật liệu, kg/m^3

β: độ xốp của vật liệu

α: góc nghiêng của sàng.

c. Công suất của máy sàng:

Công suất của máy sàng gồm các thành phần sau

- Công suất để nâng vật liệu lên một góc α :

$$N_1 = \frac{r \cdot R \cdot n \cdot g \cdot m_v \cdot \sin\alpha}{3 \cdot 10^4}, \quad kW \qquad (2.90)$$

Với m_v là khối lượng vật liệu trong máy sàng, kg

- Công suất để thắng lực ma sát của vật liệu với bề mặt sàng

$$N_2 = \frac{\pi R n g m_v \cdot \mu}{3 \cdot 10^4}\left(\cos\alpha + \frac{Rn^2}{900}\right), kW \qquad (2.91)$$

Với μ là hệ số ma sát giữa vật liệu và bề mặt sàng

- Công suất để tránh lực ma sát tại gối trục

$$N_3 = \frac{(m_S + m_v)\, g \mu_1 r \pi n}{3 \cdot 10^4}, kW \qquad (2.92)$$

Với μ_1: hệ số ma sát tại gối trục

r: bán kính gối trục, m

m_S: khối lượng sàng, kg

B. PHƯƠNG PHÁP PHÂN LOẠI BẰNG KHÍ ĐỘNG

Phương pháp phân loại bằng khí động được ứng dụng nhiều trong các trường hợp:

- Tách sơ bộ tạp chất của các loại hạt.
- Phân tích cỡ hạt siêu mịn.

Cấu tạo thiết bị của phương pháp phân loại này rất đơn giản dễ sử dụng cho nhiều loại vật liệu khác nhau. Tuy vậy phương pháp này không có khả năng phân tích triệt để thành phần của khối hạt. Hiệu suất phân loại của quá trình thường chỉ đạt khoảng 60 - 70 % .

Các thiết bị phân loại bằng khí động thường được cấu tạo theo nguyên tắc sau:

- Phân loại trong dòng khí chuyển động thẳng đứng.
- Phân loại trong dòng khí chuyển động vuông góc.
- Phân loại trong trường ly tâm.

Trong các loại thiết bị trên, thiết bị phân loại trong dòng khí chuyển động thẳng đứng được ứng dụng rộng rãi nhất do cấu tạo đơn giản, gọn, làm việc hiệu quả.

§ 2.5. NGUYÊN LÝ CỦA QUÁ TRÌNH

Trong dòng khí chuyển động thẳng đứng có các hạt cần phân loại. Ở mỗi hạt sẽ bị tác dụng các lực sau:

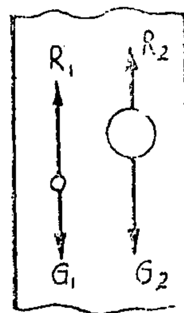
- Trọng lực của bản thân hạt hướng xuống dưới - G

- Lực lôi cuốn của môi trường - R hướng lên trên.

Mỗi hạt sẽ chuyển động về hướng của hợp lực giữa hai lực G và R

- Nếu R > G hạt sẽ chuyển động lên trên

- Nếu R < G hạt sẽ chuyển động xuống dưới



Hình 2.28: Sơ đồ lực tác dụng lên hạt trong dòng khí.

Như vậy sẽ xảy ra quá trình phân loại hạt. Hiệu quả của quá trình phân loại phụ thuộc vào tính chất khí động của hạt vật liệu, lực G và lực R.

Lực lôi cuốn của môi trường R được xác định theo công thức:

$$R = k \cdot \rho \cdot A\,(v - u)^2, \quad (N) \tag{2.93}$$

ρ: khối lượng riêng của không khí, kg/m^3

u: vận tốc của hạt vật liệu, m/s

v: vận tốc dòng khí, m/s

A: diện tích tiết diện ngang của hạt vật liệu vuông góc với phương vận tốc của dòng khí, m^2

k: hệ số lôi cuốn của môi trường phụ thuộc vào hình dạng hạt, tính chất bề mặt hạt và chế độ chuyển động của dòng khí.

Tính chất khí động của vật liệu còn được đánh giá qua đại lượng - vận tốc thăng bằng v_e của dòng khí v_e được gọi là vận tốc dòng khí, tại giá trị đó hạt giữ ở trạng thái cân bằng, hay:

$$R = G = k \cdot \rho \cdot A \cdot v_e^2 \tag{2.94}$$

Từ đó rút ra :

$$v_e = \frac{G}{k \cdot \rho \cdot A}, \quad m/s \tag{2.95}$$

§ 2.6. CẤU TẠO HỆ THỐNG PHÂN LOẠI BẰNG KHÍ ĐỘNG

Hệ thống phân loại bằng khí động sử dụng nguyên lý dòng khí chuyển động thẳng đứng gồm các bộ phận chính sau:

- Thiết bị tiếp nhận và phân phối vật liệu
- Ống phân loại bằng khí động
- Thiết bị thu hồi sản phẩm nhẹ.
- Thiết bị thu hồi sản phẩm nặng
- Thiết bị điều chỉnh vận tốc dòng khí

1. Ống phân loại bằng khí động

Hình dạng và kích thước của ống phân loại ảnh hưởng chủ yếu đến hiệu quả quá trình phân loại.

Hiệu quả quá trình phân loại phụ thuộc chủ yếu vào những yếu tố sau:

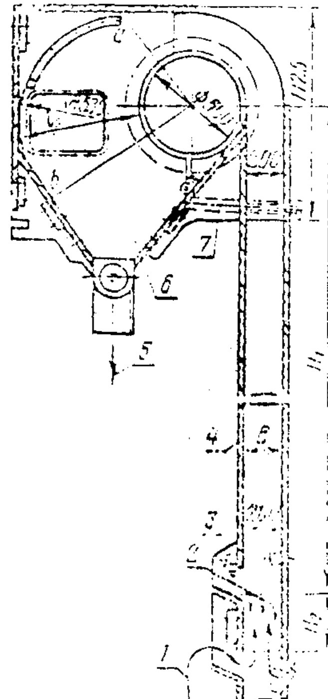
- Sự phân bố đều hỗn hợp vật liệu trong ống theo chiều dài.
- Sự phân đều dòng khí theo chiều dài ống.
- Sự phân bố đều vận tốc dòng khí theo tiết diện cắt ngang của ống.

Theo các tài liệu nghiên cứu, ống hình trụ do có năng suất thấp và hiệu quả phân loại không cao nên ít được sử dụng. Hai loại ống hình chữ nhật và hình ovan được sử dụng rộng rãi hơn do hiệu quả cao hơn.

Ống hình ovan dễ đạt được sự phân bố đều dòng khí theo chiều rộng ống. Tuy vậy sự phân bố dòng khí theo chiều dài rất khó đều do có nhiều chỗ cong. Còn ống hình chữ nhật thì có năng suất cao, tuy vậy sự phân bố đều vật liệu theo chiều dài ống cũng khó đạt được.

Bảng 2.5: Ảnh hưởng của hình dạng ống dẫn tới hiệu quả quá trình phân loại hạt đại mạch

Hình dạng ống phân loại	Vận tốcdòng khí m/s	Lưu lượng khí m^3/h	Hiệu quả phân loại %	Hàm lượng hạt chứa trong khí thải %
Dạng hình thang nở rộng phía trên	7,15	850	47,3	
	8,75	1030	52,3	2,30
	9,34	1100	59,3	3,50
	7,06	940	49,3	1,30
	7,40	1030	51,2	2,70
Dạng hình thang thu hẹp phía dưới	5,20	1190	53,0	6,50
	4,70	1070	36,5	
Hình chữ nhật với chiều rộng B = 160 mm	5,00	862	71,4	0,95



Hình 2.29: Hệ thống phân loại bằng khí động
1. Dòng không khí; 2. Dòng hỗn hợp hạt; 3. Thiết bị nhập liệu;
4. Ống phân loại; 5. Vật liệu nhẹ; 6. Thiết bị thu hồi vật liệu nhẹ; 7. Van điều chỉnh.

Những kích thước cơ bản của ống phân loại, ảnh hưởng đến hiệu suất phân loại:

- Chiều rộng ống B
- Chiều cao từ vị trí nhập liệu đến bộ phận thu hồi sản phẩm nhẹ H_1.
- Chiều cao từ vị trí thổi gió đến vị trí nhập liệu H_2

Khi tăng chiều rộng ống đến một giá trị nhất định, hiệu quả phân loại sẽ tăng lên nhưng nếu tiếp tục tăng chiều rộng ống mà không tăng vận tốc dòng khí thì hiệu quả phân loại sẽ giảm.

Để bảo đảm hiệu quả phân loại, ta thường chọn:

- Khi tải trọng riêng: $q \le 100$ kg/cm.h thì $B \le 100$mm
- Khi $100 < q \le 300$ kg/cm.h thì $B \le 250$mm Khi đó chiều dài ống được tính:

$$L = \frac{Q}{q}, \quad \text{cm} \tag{2.96}$$

Q: lưu lượng không khí thổi vào ống, (kg/h)

Trở lực trong hệ thống phân loại được tính:

$$H = K \cdot Q^2, \quad \text{N/m}^2 \tag{2.97}$$

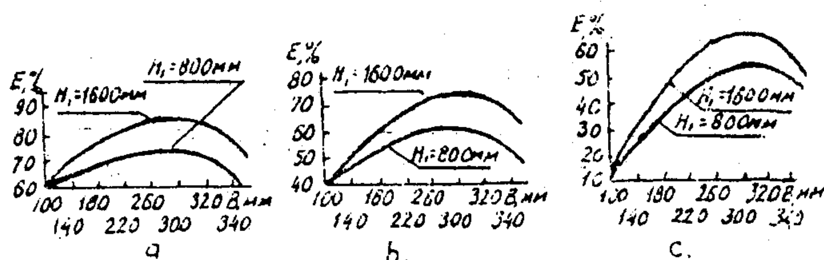
Q: lưu lượng khí, m^3/s.

K: hệ số trở lực, có giá trị từ $0,07 \div 0,09$

Bảng 2.6: Sự phụ thuộc giữa chiều rộng ống phân loại và hiệu quả phân loại hạt hướng dương

Chiều rộng ống B, mm	Vận tốc dòng khí m/s	Hiệu quả %	Hàm lượng hạt chứa trong khí thải %	Chiều rộng ống B, mm	Vận tốc dòng khí m/s	Hiệu quả %	Hàm lượng hạt chứa trong khí thải %
100	5,0	38,9	-	160	5,0	71,4	0,95
	5,5	48,7	-		5,5	82,7	5,06
120	5,0	44,4	-	180	5,0	71,5	2,68
	5,5	62,5	0,42		5,5	81,6	7,57
140	5,0	69,2	0,62	200	5,0	71,4	0,95
	5,5	78,0	0,48		5,5	84,0	5,04

Chiều cao H_1 cũng ảnh hưởng nhiều đến hiệu quả phân loại. Nếu chiều cao H_1 nhỏ thì các phần hạt lớn dễ bị lôi cuốn cùng với các phần hạt nhỏ vào hệ thống thu hồi sản phẩm. Chiều cao H_1 nhỏ nhất 800 mm.



Hình 2.30: Đường cong phụ thuộc giữa hiệu quả phân loại với chiều rộng ống phân loại B và chiều cao H_1
a. Tải trọng riêng 100 kg/cm.h; b. Tải trọng riêng 200 kg/cm.h; c. Tải trọng riêng 300 kg/cm.h

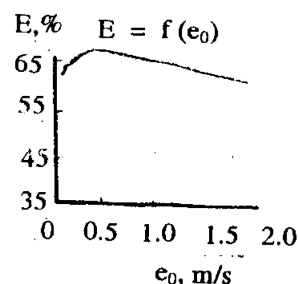
Chiều cao H_2 cũng ảnh hưởng đến quá trình phân bố dòng khí trong ống phân loại. Chiều cao H_2 càng lớn thì sự phân bố dòng khí trong ống càng đều. Thực nghiệm cho thấy khi chiều rộng ống $B = 100 \div 200$mm thì $H_2 = 130 \div 180$mm là tối ưu.

Tỉ lệ hợp lý giữa B và H_2 là:

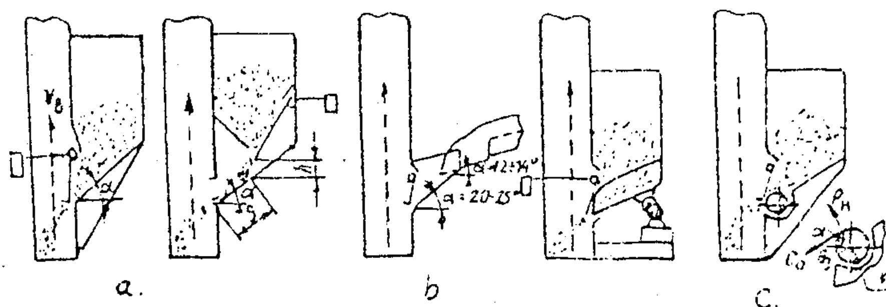
$H_2 : B = 1,5 \div 2$

2. Bộ phận tiếp nhận và phân phối nhập liệu

Phương pháp nhập liệu sẽ ảnh hưởng đến vận tốc ban đầu của hạt vật liệu; vận tốc này sẽ ảnh hưởng đến hiệu quả phân loại. Thực nghiệm cho thấy quá trình phân loại đạt hiệu quả cao nhất khi vận tốc $C_o = 0,3 \div 0,4$ m/s



Hình 2.31: Đường cong phụ thuộc giữa hiệu quả quá trình phân loại với vận tốc ban đầu của hạt vật liệu Co.



Hình 2.32: Sơ đồ các phương pháp nhập liệu
a. Máng nghiêng tự chảy; b. Máng nghiêng có hệ thống tạo rung; c. Máng nhập liệu bằng trục.

Vận tốc nhập liệu có thể xác định theo công thức sau:

$$C_o = \sqrt{2\,g\,l(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) + v_o^2}, \quad m/s \tag{2.98}$$

l: Chiều dài di chuyển vật liệu trên máng nhập liệu, m

α: góc nghiêng của máng nhập liệu, độ

μ: hệ số ma sát giữa hạt vật liệu và máng nhập liệu

v_o: vận tốc ban đầu của hạt trên máng nhập liệu

$$v_o = \sqrt{2\,g\,h}\,.\sin\alpha, \quad m/s \tag{2.99}$$

h: Chiều cao rơi, m

Nếu hệ thống nhập liệu bằng trục nhập liệu

$$C_o \approx 3,14\sqrt{r\,.\cos\alpha}\,, \quad m/s \tag{2.100}$$

r: bán kính trục nhập liệu , m

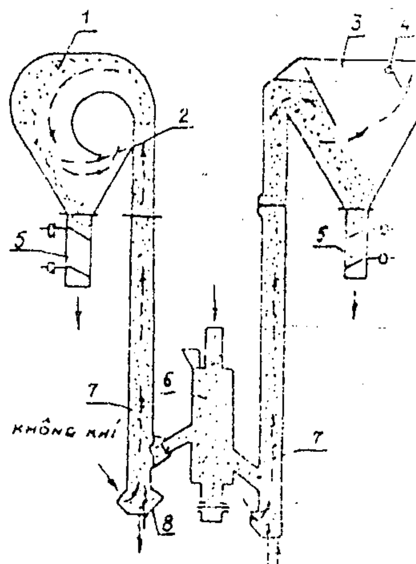
3. Bộ phận thu hồi sản phẩm nhẹ.

Trong hệ thống phân loại bằng khí động sử dụng hai loại thiết bị thu hồi sản phẩm nhẹ

- Loại thiết bị thu hồi ly tâm
- Loại thiết bị thu hồi trọng lực

Loại thiết bị thu hồi bằng trọng lực có ưu điểm là đơn giản về cấu tạo. Thường sử dụng khi thu hồi các sản phẩm có kích thước lớn. Vận tốc dòng khí khi đi vào thiết bị thu hồi là 1 ÷ 1,8 m/s. Tuy vậy hiệu quả thu hồi của loại này không cao.

Loại thiết bị thu hồi bằng lực ly tâm có hiệu quả cao hơn, khả năng thu hồi sản phẩm có thể đạt từ 91% đến 99%.

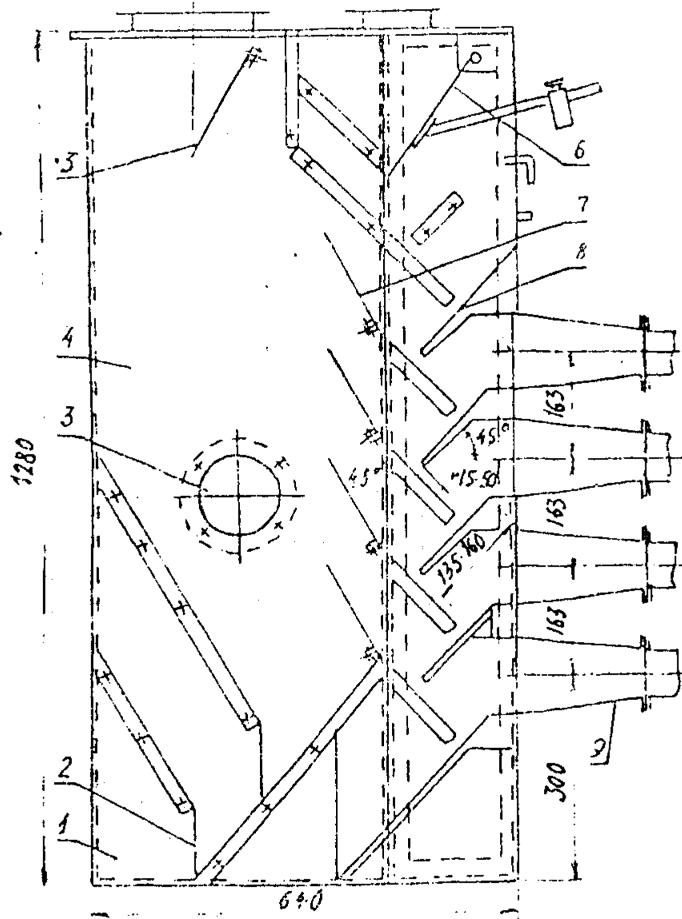


Hình 2.33: Mô hình thiết bị thu hồi sản phẩm nhẹ
1. Thiết bị thu hồi loại ly tâm; 2. Thiết bị thu hồi loại trọng lực; 3. Cửa quan sát; 4. Buồng lắng; 5. Van điều chỉnh khí thải; 6. Van nhập liệu; 7. Van điều chỉnh hướng gió; 8. Máy nhập liệu; 9. Ống thổi khí.

Để tăng hiệu quả quá trình phân loại của phương pháp này, hiện nay hay sử dụng hệ thống phân loại nhiều ngăn. Loại thiết bị này cho phép tăng năng suất cũng như hiệu quả của quá trình phân loại. Sau đây là kết quả thí nghiệm phân loại hỗn hợp nhân lúa mạch và vỏ, sau khi xong, với hàm lượng vỏ là 13,6 %

Bảng 2.6 : Kết quả phân loại hỗn hợp nhân lúa mạch và vỏ

Số ngăn	Tải trọng riêng kg/cm.h	Lưu lượng riêng, m^3/s	Lưu lượng khí Trong các ngăn m^3/h				Hàm lượng vỏ trong sản phẩm, %	Khối lượng hạt nguyên trong khí thải %	Hiệu quả phân loại, %
			1	2	3	4			
1	29,5	185	0	0	0	110	5,16	8,96	62,1
2	29,5	360	0	0	114	110	4,31	1,87	68,3
3	30,1	535	0	109	116	99	2,38	0,98	83,2
4	29,5	750	110	112	115	97	1,20	1,60	91,2



Hình 2.34: Thiết bị phân loại nhiều ngăn
1. Vỏ thiết bị; 2. Van tháo sản phẩm nhẹ; 3. Cửa quan sát; 4. Buồng lắng; 5. Van điều chỉnh khí thải; 6. Van nhập liệu; 7. Van điều chỉnh hướng gió; 8. Máng nhập liệu; 9. Ống thổi khí.

§ BÀI TẬP

2.1. Một hỗn hợp tinh thể được phân loại thành ba phân đoạn; phần đoạn thô bị giữ lại trên rây 8 mesh, phân đoạn trung gian qua rây 8 mesh và bị giữ lại trên rây 14 mesh, phân đoạn mịn qua rây 14 mesh. Hai sàng 8 mesh và 14 mesh được đặt nối tiếp. Phân tích rây nhập liệu, phân đoạn thô, phân đoạn trung gian và phân đoạn mịn được trình bày ở bảng 2.7. Giả sử phân tích rây là chính xác, kết quả cho thấy gì về tỉ số khối lượng của ba phân đoạn? Xác định hiệu suất tổng quát của mỗi rây.

Bảng 2.7 Phân tích rây cho bài tập 2.1

Rây	Nhập liệu	Phân đoạn thô	Phân đoạn trung bình	Phân đoạn mịn
3/4	3,5	14,0		
4/6	15,0	50,0	4,2	
6/8	27,5	24,0	35,8	
8/10	23,5	8,0	30,8	20,0
10/14	16,0	4,0	18,3	26,7
14/20	9,1		10,2	20,2
20/28	3,4		0,7	19,6
28/35	1,3			8,9
35/48	0,7			4,6
Tổng cộng	100,0	100,0	100,0	100,0

2.2. Các sàng dùng trong bài tập 2.1 là sàng lắc phẳng với năng suất 0,4 tấn/h.m^2 (mm lỗ sàng). Xác định diện tích bề mặt sàng cho mỗi sàng trên nếu lượng vật liệu vào sàng thứ nhất là 100 T/h?

2.3. Tính diện tích bề mặt riêng cho một đơn vị thể tích (cm^2/cm^3) của galen có kết quả phân tích rây như sau. Dùng phương pháp ngoại suy đến 200 mesh và giả sử hai điểm 100 và 200 mesh là đường thẳng trên tọa độ log_log. Tỉ trọng của galen là 7,43

Bảng 2.8: Phân tích rây cho bài tập 2.3

Số mesh	% bị giữ lại
-3+4	1.0
-4+6	4.0
-6+8	8.1
-8+10	11.5
-10+14	16.0
-14+20	14.8
-20+28	13.2
-28+35	8.1
-35+48	6.2
-48+65	4.1
-65+100	3.6
-100+150	2.2
-150+200	1.9
-200	5.3

2.4. Tính diện tích bề mặt riêng (cm^2/g)của pyrit có kết quả phân tích rây cho ở dưới đây. Tỉ trọng của pyrit bằng 5,0

Bảng 2.9: Phân tích rây cho bài tập 2.4

Số mesh	% bị giữ lại
-3+4	0.
-4+6	4.0
-6+8	7.2
-8+10	12.0
-10+14	17.6
-14+20	15.4
-20+28	12.0
-28+35	10.0
-35+48	7.2
-48+65	6.0
-65+100	3.8
-100+150	2.8
-150+200	2.0

2.5. Bột than được đưa vào một sàng rung 48 mesh để tách bột mịn. Khi sàng mới đưa vào sử dụng, kết quả phân tích rây phần vật liệu trên và dưới sàng trình bày ở bảng dưới đây trong cột "mới". Sau ba tháng hoạt động, kết quả phân tích rây được trình bày trong cột cũ. Xác định hiệu suất của sàng khi "mới" và "cũ"?

Bảng 2.10: Kết quả phân tích rây - Phân khối lượng

Mesh	Nhập liệu	Trên sàng		Dưới sàng	
		Mới	Cũ	Mới	Cũ
-3+4	0.010	0.012	0.014	...	...
-4+6	0.022	0.027	0.031	...	...
-6+8	0.063	0.078	0.088	...	...
-8+10	0.081	0.100	0.112	...	...
-10+14	0.102	0.126	0.142	...	...
-14+20	0.165	0.204	0.229	...	...
-20+28	0.131	0.162	0.182	...	...
-28+35	0.101	0.125	0.104	...	0.093
-35+48	0.095	0.117	0.065	...	0.171
-48+65	0.070	0.029	0.025	0.246	0.186
-65+100	0.017	0.015	0.008	0.183	0.146
-100+150	0.031	0.005	...	0.141	0.111
-150+200	0.020	...	...	0.105	0.071
200	0.062	...	...	0.325	0.222

2.6. Một loại tinh thể muối được đưa vào sàng lắc phẳng với suất lượng 300 kg/h. Sản phẩm mong muốn là phân đoạn 48/65 mesh. Sử dụng sàng lắc phẳng gồm hai sàng 48 và 65 mesh đặt nối tiếp nhau. Nhập liệu được đưa vào trên sàng 48 mesh, sản phẩm được lấy ra trên sàng 65 mesh. Trong suốt thời gian hoạt động, ta nhận thấy tỉ lệ: hạt lớn hơn 48 mesh: sản phẩm : hạt nhỏ hơn 65 mesh là 2: $1\frac{1}{2}$:1.

a) Tính hiệu suất của máy sàng

b) Nếu mặt sàng có kích thước 1,2 m × 1,6 m, tính năng suất của sàng 65 mesh trên cơ sở sàng 48 mesh hoạt động hoàn hảo và trên cơ sở hoạt động thực tế của sàng.

Bảng 2.11: Phân tích rây cho bài tập 2.6

Số mesh	Nhập liệu ph.k.l	Trên sàng ph.k.l	Sản phẩm ph.k.l	Dưới sàng ph.k.l
−10+14	0.000356	0.0008	...	...
−14+20	0.00373	0.008	0.0005	0.00003
−20+28	0.089	0.189	0.016	0.00012
−28+35	0.186	0.389	0.039	0.0009
−35+48	0.258	0.337	0.322	0.0036
−48+65	0.281	0.066	0.526	0.344
−65+100	0.091	0.005	0.067	0.299
−100+150	0.062	0.005	0.024	0.237
−150+200	0.025	0.001	0.002	0.11

2.7. Một tấn/h dolomit được nghiền rồi đem sàng qua sàng 14 mesh. Theo kết quả phân tích rây dưới đây, tính (a) tải trọng tổng cộng của máy nghiền, (b) hiệu suất của sàng.

Bảng 2.12: Phân tích rây cho bài tập 2.7

Số mesh	Nhập liệu vào sàng %	Sản phẩmdưới sàng %	Trên sàng, hoàn lưu %
Trên 4	14,3		20
Trên 8	20,0		28
Trên 14	20,0	0,0	28
Trên 28	28,5	40,0	24
Trên 48	8,6	30,0	0,0 (không lọt qua rây 28)
Trên 100	5,7	20,0	
Qua 100	2,8	10,0	

Chương 3

ĐẬP NGHIỀN VẬT LIỆU

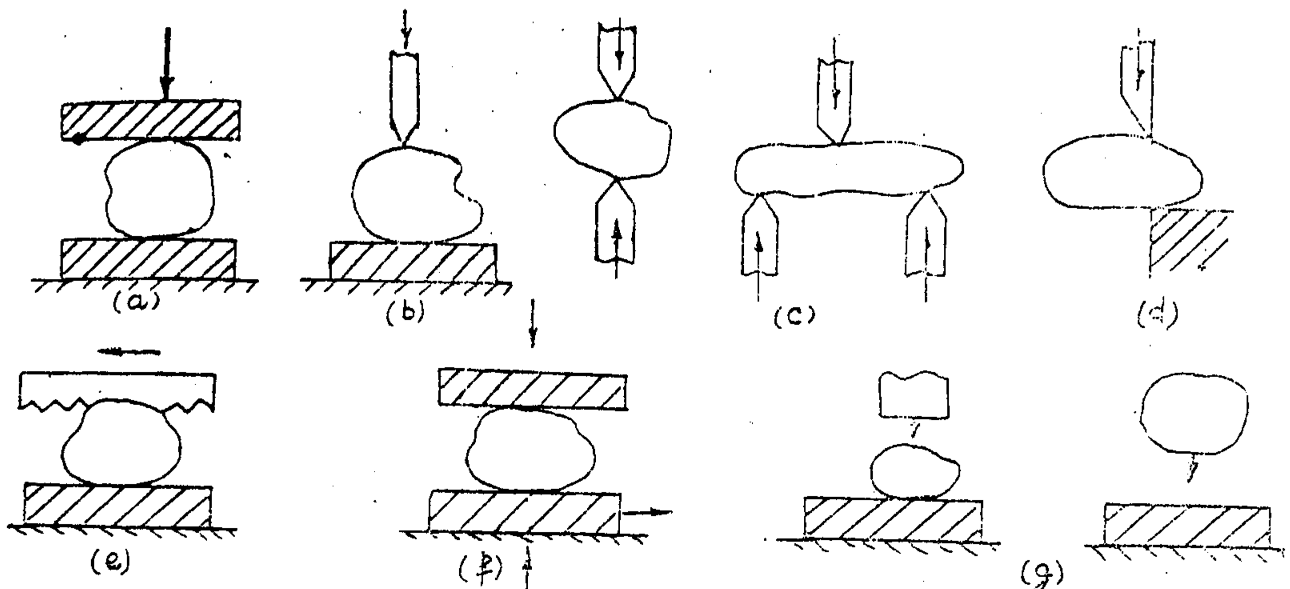
Quá trình đập nghiền vật liệu là quá trình trong đó vật liệu rắn được cắt hay làm vỡ ra thành những hạt nhỏ hơn. Trong công nghiệp vật liệu được đập nghiền bằng các phương pháp khác nhau nhằm các mục đích khác nhau. Các mảnh quặng thô được nghiền ra thành các cỡ hạt có kích thước thuận tiện cho quá trình xử lý quặng; hóa chất, ngũ cốc được nghiền thành bột. Các sản phẩm thương mại thường phải đáp ứng một cách nghiêm nhặt về kích thước và đôi khi cả hình dạng hạt. Giảm kích thước hạt còn làm tăng hoạt tính phản ứng của chất rắn; giúp phân tách các tạp chất bằng các phương pháp cơ học; giảm khối lượng riêng xốp để vận chuyển dễ dàng hơn.

Nếu gọi kích thước trung bình của các cục vật liệu, các loại hạt trước khi nghiền là D_h và kích thước trung bình của bột thành phẩm sau khi nghiền là d_h thì có thể phân loại các mức độ nghiền $i = \frac{D_h}{d_h}$ theo bảng 3.1. dưới đây.

Bảng 3.1: Mức độ nghiền

Mức độ nghiền	Đường kính trung bình, mm		i
	D_h	d_h	
Nghiền: thô	1000 - 200	250 - 40	4 ÷ 5
trung bình	250 - 50	40 - 10	5 ÷ 6
nhỏ	50 - 25	10 - 1	>6 ÷ 25
Nghiền bột: to	5 - 1	0,01 - 0,04	500 ÷ 400
vừa	0,2 - 0,04	0,015 - 0,005	13 ÷ 8
mịn	0,1 - 0,04	0,005 - 0,001	20 ÷ 40
rất mịn	0,1 - 0,04	0,001	100 ÷ 400

Chất rắn được đập vỡ ra theo một số phương pháp tác động lực khác nhau lên vật liệu nhưng thường sử dụng 4 phương pháp sau trong các máy đập nghiền, đó là (1) nén ép, (2) va đập, (3) chà xát, ép trượt, (4) cắt. Nói chung, nén ép được dùng cho nghiền thô, vật liệu cứng để cho tương đối ít hạt mịn; va đập cho sản phẩm thô, trung bình và mịn; chà xát cho sản phẩm rất mịn từ vật liệu mềm, không mài mòn; cắt cho sản phẩm có kích thước và đôi khi hình dạng xác định mà không có hoặc rất ít hạt mịn.



Hình 3.1: Các lực nghiền
a) Nén, ép; b) chẻ; c) bẻ; d) cắt; e) xẻ; f) ép trượt, chà xát; g) đập

Năng lượng tiêu tốn trong quá trình nghiền không chỉ phụ thuộc vào lực tác động, kết cấu máy và các cơ cấu truyền động mà còn phụ thuộc vào tính chất cơ lý của vật liệu đem nghiền như độ cứng, độ ẩm, tính chất của bề mặt vật liệu. Năng lượng tiêu tốn này dùng để khắc phục các lực liên kết giữa các phần tử của vật liệu đem nghiền, lực ma sát giữa các vật liệu với nhau, giữa vật liệu với các cơ cấu nghiền và ma sát giữa các bộ phận chuyển động trong máy. Việc xây dựng các công thức tính toán về công suất, năng suất cho mỗi loại máy nghiền có nhiều khó khăn và thường dựa vào thực nghiệm và kinh nghiệm. Nhiều nhà nghiên cứu đã xây dựng các thuyết làm cơ sở để thành lập các công thức tính toán gần đúng nhất so với kết quả thu được từ thực nghiệm. Trong phần cơ sở lý thuyết chỉ đề cập đến một số thuyết chính.

§ 3.1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA QUÁ TRÌNH NGHIỀN

3.1.1. Tiêu chuẩn của quá trình nghiền:

Một máy nghiền đập lý tưởng phải đáp ứng các yêu cầu sau: (1) có năng suất lớn, (2) năng lượng tiêu tốn cho một đơn vị sản phẩm là nhỏ, và (3) sản phẩm của quá trình có

kích thước đồng đều hoặc sự phân phối kích thước như mong muốn. Phương pháp thông thường để nghiên cứu sự hoạt động của một máy đập nghiền là thiết lập một quá trình lý tưởng làm chuẩn, sau đó so sánh các đặc trưng của quá trình thực với quá trình lý tưởng và giải thích sự khác biệt giữa hai quá trình. Khi áp dụng phương pháp trên, sự tương phản giữa hai quá trình lý tưởng và thực tế là rất đáng kể và không giải thích được dù là bằng lý thuyết. Ngoài ra số liệu tính toán cũng không đầy đủ.

Tính toán các thông số của các máy đập nghiền sẽ được trình bày trong phần mô tả từng máy riêng. Tuy nhiên cơ sở về phân phối kích thước sản phẩm nghiền (đã trình bày trong chương 2) và năng lượng tiêu tốn là giống nhau cho hầu hết các máy đập nghiền. Trong phần này sẽ trình bày phần năng lượng tiêu tốn chung cho các máy đập nghiền.

3.1.2. Đặc trưng của sản phẩm nghiền:

Mục đích của quá trình đập nghiền là tạo ra những hạt vật liệu nhỏ từ cục vật liệu ban đầu to hơn. Quá trình cần những hạt vật liệu nhỏ vì chúng có diện tích bề mặt riêng lớn hoặc cần hình dạng, kích thước và số lượng hạt. Hiệu suất sử dụng năng lượng của quá trình được xác định bằng diện tích bề mặt mới tạo nên sau quá trình đập nghiền. Vì vậy, các đặc trưng hình học của hạt, đơn chiếc và hỗn hợp, là yếu tố quan trọng để đánh giá sản phẩm từ máy nghiền.

Một máy nghiền thực không cho sản phẩm đồng nhất dù nhập liệu có đồng nhất hay không. Sản phẩm luôn luôn là một hỗn hợp có các kích thước nằm trong một khoảng xác định. Đặc biệt có một số máy nghiền được thiết kế để khống chế kích thước của hạt lớn nhất trong sản phẩm nhưng không khống chế được kích thước của các hạt mịn. Nếu nhập liệu đồng nhất cả về hình dạng hạt và cấu trúc vật lý, hóa học thì sản phẩm sẽ đồng nhất về hình dạng; nếu không sản phẩm sẽ có các kích thước khác nhau với tỉ lệ thay đổi đáng kể.

Hạt nhỏ nhất của sản phẩm nghiền có thể so sánh với kích thước của một tinh thể, đó là đơn vị nhỏ nhất của vật liệu có thể tồn tại dưới dạng một tinh thể độc lập. Kích thước này là khoảng 10^{-3} micron. Do sự biến đổi kích thước trong một khoảng rộng nên thường dùng khái niệm đường kính trung bình dựa trên một căn bản định nghĩa nào đó (chương 2) để biểu diễn kích thước hạt trong một hỗn hợp.

3.1.3. Năng lượng tiêu tốn trong quá trình nghiền

Chi phí cho tiêu tốn năng lượng trong quá trình nghiền là chủ yếu do đó các yếu tố ảnh hưởng đến chi phí này là quan trọng. Trong quá trình nghiền vật liệu ban đầu bị xoắn và có ứng suất. Công cần thiết để tạo nên ứng suất cho vật liệu được chứa tạm thời trong vật liệu dưới dạng cơ năng của ứng suất. Khi tác động thêm lực vào các hạt vật liệu đã chịu ứng suất, chúng sẽ chịu lực xoắn vượt quá giới hạn bền và vỡ ra thành nhiều hạt nhỏ và tạo nên các bề mặt mới. Vì mỗi đơn vị diện tích bề mặt của chất rắn có năng lượng bề mặt nhất định nên việc tạo nên bề mặt mới cần phải có năng lượng, năng lượng này được cung cấp do sự phóng thích năng lượng của ứng suất khi hạt vỡ ra. Do bảo toàn năng lượng nên phần năng lượng thừa khi tạo thành năng lượng bề mặt mới sẽ biến thành nhiệt.

3.1.3.1. Hiệu suất nghiền:

Tỉ số giữa năng lượng bề mặt mới tạo thành với năng lượng do chất rắn hấp thu được gọi là hiệu suất nghiền, E_N. Nếu e_S là năng lượng bề mặt cho một đơn vị diện tích, $m.N/m^2$ và A_{wb} và A_{wa} lần lượt là diện tích bề mặt của sản phẩm và nguyên liệu, m^2/kg thì năng lượng do vật liệu hấp thu là

$$W_n = \frac{e_S (A_{wb} - A_{wa})}{E_N}, \text{ N.m/kg} \qquad (3.1)$$

Năng lượng bề mặt mới tạo thành do vật liệu gãy vỡ là nhỏ so với tổng cơ năng chứa trong vật liệu tại thời điểm đó nên phần lớn lượng năng lượng thừa được biến đổi thành nhiệt, vì vậy hiệu suất nghiền là thấp. Hiệu suất nghiền thường được xác định bằng thực nghiệm bằng cách ước tính e_s từ lý thuyết chất rắn, sau đó đo W_n, A_{wb} và A_{wa} rồi thay vào phương trình (3.1). Độ chính xác của phép tính không cao do ở việc xác định e_s. Kết quả cho thấy hiệu suất nghiền thường không cao chỉ nằm trong khoảng 0,1 đến 2 phần trăm.

Năng lượng do chất rắn hấp thu W_n nhỏ hơn năng lượng do động cơ cung cấp W. Tỉ số giữa hai năng lượng này gọi là hiệu suất cơ học E_M.

$$W = \frac{W_n}{E_M} = \frac{e_s (A_{wb} - A_{wa})}{E_M \cdot E_N} \qquad (3.2)$$

Nếu gọi G là suất lượng nhập liệu vào máy nghiền, kg/s, công suất do động cơ cung cấp là

$$N = WG, \quad W \qquad (3.3)$$

Nếu thay A_{wb} và A_{wa} từ phương trình (1.10) vào, ta được.

$$N = \frac{6e_s \cdot G}{E_M E_N \rho_h} \left(\frac{\lambda_b}{D_{sb}} - \frac{\lambda_a}{D_{sa}} \right), \text{ W} \qquad (3.4)$$

Trong đó:

N : công suất, W

G : suất lượng nhập liệu, kg/s

e_s : năng lượng bề mặt riêng, J/m^2

E_M : hiệu suất cơ học

E_N : hiệu suất nghiền

ρ_h : khối lượng riêng của hạt, kg/m^3

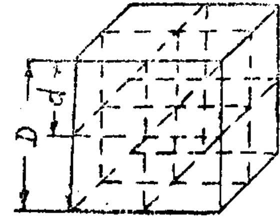
D_{sb}, D_{sa} : đường kính trung bình theo diện tích bề mặt của sản phẩm và nguyên liệu, m

λ_a, λ_b : thừa số hình dạng của nguyên liệu và sản phẩm

3.1.3.2. Các thuyết về nghiền

(1) Thuyết bề mặt của P.R. Rittinger

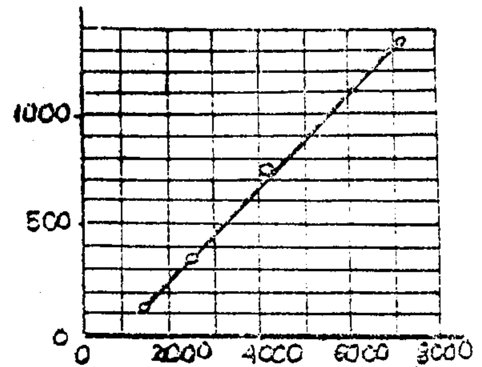
Cho rằng công dùng cho quá trình nghiền tỉ lệ thuận với diện tích bề mặt mới tạo thành của sản phẩm nghiền. Giả thiết rằng cục vật liệu đem nghiền có hình lập phương, kích thước ban đầu là D_h, sau khi nghiền nhỏ vẫn có hình lập phương với kích thước là d_h. Với máy nghiền và nhập liệu cho trước, hiệu suất nghiền E_N không đổi và độc lập với kích thước của nhập liệu và sản phẩm. Nếu các thừa số hình dạng λ_a và λ_b bằng nhau và hiệu suất cơ học E_M là hằng số thì tất cả các hằng số trong phương trình (3.4) kết hợp lại trong một hằng số duy nhất K_r và định luật Rittinger có thể viết là



Hình 3.2. Kích thước cục vật liệu trước và sau khi nghiền

$$\frac{N}{G} = K_r\left(\frac{1}{D_{sb}} - \frac{1}{D_{sa}}\right) \tag{3.5}$$

Định luật Rittinger cho thấy có thể áp dụng đúng đắn trong điều kiện năng lượng cung cấp cho một đơn vị khối lượng chất rắn là không quá lớn và có thể được dùng để ước tính cho quá trình nghiền thực với K_r được xác định bằng thực nghiệm trên máy nghiền cùng loại với máy nghiền thực.



Hình 3.3: Công nghiền phụ thuộc vào bề mặt mới tạo thành khi nghiền.

Thí dụ 3.1: Một máy nghiền dùng để nghiền loại vật liệu có đường kính trung bình 19mm để cho sản phẩm có đường kính trung bình là 5mm. Công suất cần thiết để nghiền 12 tấn/h là 9,3Hp. Xác định công suất tiêu thụ nếu năng suất giảm còn 10 tấn/h và đường kính trung bình của sản phẩm là 4mm. Hiệu suất cơ học không đổi.

Giải

Áp dụng phương trình (3.5) vào hai trường hợp, vì các đại lượng tương đương nhau nên không cần đổi các đơn vị.

Trường hợp 1

$$\frac{9,3}{12} = K_r\left(\frac{1}{5} - \frac{1}{19}\right)$$

Trường hợp 2

$$\frac{N}{10} = K_r\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{19}\right)$$

Chia hai phương trình cho nhau

$$\frac{N}{9,3} \cdot \frac{12}{10} = \frac{(1/4 - 1/19)}{(1/5 - 1/19)}$$

Suy ra N = 10,4 Hp

(2) Thuyết thể tích thể của Kick:

Trên cơ sở của thuyết phân tích ứng suất của biến dạng dẻo trong giới hạn đàn hồi, Kick cho rằng công cần thiết để nghiền một lượng vật liệu cho trước là không đổi ứng với cùng một mức độ nghiền, bất chấp kích thước ban đầu của vật liệu. Định luật Kick có thể viết như sau:

$$\frac{N}{G} = K_k \lg i \qquad (3.6)$$

trong đó i là mức độ nghiền và K_k là hằng số

Thông thường định luật Kick được sử dụng trong trường hợp đập nghiền thô và nghiền mịn bằng va đập trong khi định luật Rittinger thích hợp nhất cho nghiền mịn đặc biệt là máy nghiền bi.

Kết hợp hai định luật trên có thể viết phương trình vi phân chung là

$$d\left(\frac{N}{G}\right) = -K\frac{dD}{D^n} \qquad (3.7)$$

Lời giải với n = 1 ta được định luật Kick, n = 2 cho định luật Rittinger.

(3) Định luật Bond và chỉ số công:

Định luật Bond tương ứng với n = 1,5 cho phương trình (3.7), hay nói cách khác, định luật Bond cho rằng công cần thiết để tạo nên hạt có đường kính d_h từ cục vật liệu ban đầu rất lớn tỉ lệ với căn bậc hai tỉ số diện tích bề mặt - thể tích của sản phẩm, $s_h/v_h = \frac{6\lambda}{D_h}$.

Như vậy

$$\frac{N}{G} = \frac{K_b}{\sqrt{D_h}} \qquad (3.8)$$

trong đó K_b là hằng số tùy thuộc trên loại máy nghiền và vật liệu nghiền. Định luật Bond chứng tỏ có tính thực tế hơn hai định luật trên trong việc ước tính công suất cần thiết cho máy nghiền.

Để có thể sử dụng phương trình (3.8) vào việc tính toán, ta định nghĩa chỉ số công W_i là lượng năng lượng cần thiết, kW.h/tấn vật liệu nghiền, để nghiền vật liệu có kích thước ban đầu rất lớn đến sản phẩm có 80% lọt qua rây 100 micron. Định nghĩa này đưa đến mối quan hệ giữa K_b và W_i, với D_h tính bằng mm, P bằng kW và G bằng tấn/ph.

$$K_b = 18,97\, W_i \qquad (3.9)$$

Nếu vật liệu trước khi nghiền có 80% qua rây có kích thước D_h (mm) và sản phẩm có

80% qua rây d_h (mm) thì theo (3.8) và (3.9) ta có:

$$\frac{N}{G} = 18{,}97 W_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_h}} - \frac{1}{\sqrt{D_h}} \right), \quad \text{kW} \tag{3.10}$$

Chỉ số công W_i bao gồm cả ma sát trong máy nghiền và công suất tính được theo (3.10) là công suất trên trục máy nghiền.

Chỉ số công được trình bày trên bảng 3.2 cho một số loại khoáng chất. Số liệu này không khác nhiều khi tính công suất cho các máy nghiền khác nhau nhưng cùng loại và dùng cho cả quá trình nghiền khô lẫn nghiền ướt. Khi nghiền khô, công suất tính được theo (3.10) được nhân thêm với 4/3. Với chu trình nghiền hở công suất tiêu tốn lớn hơn 4/3 lần công suất tiêu tốn trong chu trình nghiền kín.

Bảng 3.2: Chỉ số công trung bình cho nghiền ướt một số vật liệu

Vật liệu	Tỉ trọng	W_i
Bauxit	2,38	9,45
Clinker	3,09	13,49
Coke	1,51	20,70
Dolomit	2,82	11,31
Đá gypsum	2,69	8,16
Đá vôi	2,69	11,61
Đất sét	2,23	7,10
Ferromangan	5,91	7,77
Granit	2,68	14,39
Graphit	1,75	45,03
Ilmenit	4,27	13,11
Mica	2,89	134,50
Phân phosphat	2,65	13,03
Quặng bạc	2,72	17,30
Quặng chì	3,44	11,40
Quặng crôm	4,06	9,60
Quặng đồng	3,02	13,13
Quặng kẽm	3,68	12,42

Vật liệu	Tỉ trọng	W_i
Quặng Mangan	3,74	12,46
Quặng Nikel	3,32	11,88
Quặng Pyrit	3,48	8,90
Quặng rutil	2,84	12,12
Quặng sắt	3,96	15,44
Quặng titan	4,23	11,88
Quặng thiếc	3,94	10,81
Quặng vàng	2,86	14,83
Quartz	2,64	12,77
Than	1,63	11,37
Thủy tinh	2,58	3,08
Xi măng thô	2,67	10,57

Thí dụ 3.2: Tính công suất cần thiết để nghiền 100 tấn/h đá vôi từ nhập liệu có 80% qua rây 50mm thành sản phẩm có 80% qua rây 3,327mm.

Giải:

Từ bảng 3.2. Chỉ số công cho đá vôi là 11,61. Áp dụng phương trình (3.10) với:

$G = 100/60 = 1,67$ tấn/ph

$d_h = 3,327$ mm, $D_h = 50$ mm

với quá trình nghiền khô

$$P = \frac{4}{3} . 18,97 . 1,67 . 11,61 \left(\frac{1}{\sqrt{3,327}} - \frac{1}{\sqrt{50}}\right)$$

$$= 200 \text{ kW}$$

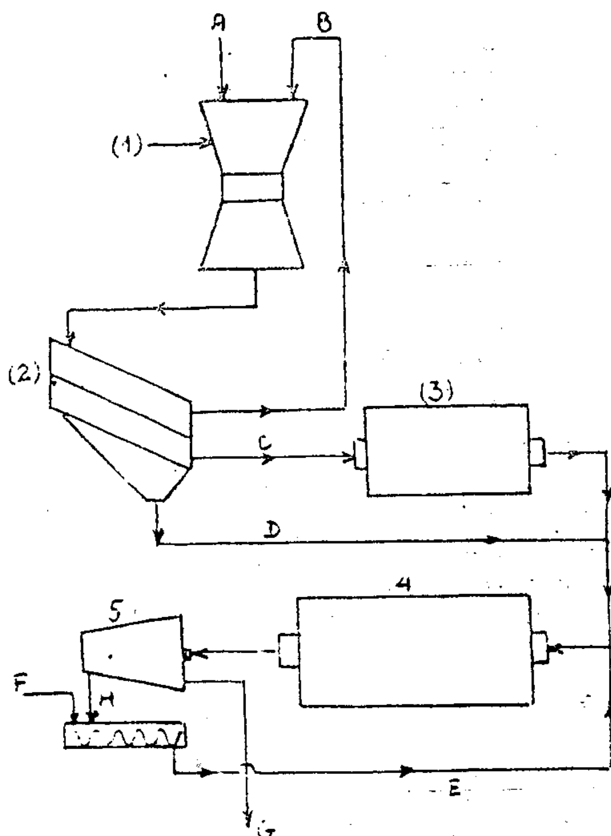
3.1.4. Các chu trình nghiền:

Tùy theo tính chất của vật liệu đem nghiền như kích thước, độ cứng, tính kết dính và yêu cầu công nghệ của sản phẩm sau khi nghiền như cỡ hạt, mức độ đồng đều, năng suất, chi phí năng lượng... mà quá trình nghiền có thể tiến hành theo một trong các chu trình nghiền sau.

(1) Chu trình hở: Trong chu trình này nếu nguyên liệu gồm nhiều cỡ hạt khác nhau sẽ được đưa qua sàng phân loại để thu được nguyên liệu đồng đều nhằm tăng hiệu suất của máy nghiền. Sau khi sản phẩm ra khỏi máy nghiền không cần phân loại nữa, do đó mức độ đồng đều của sản phẩm không cao nhưng năng lượng tiêu tốn lại nhỏ. Với các loại máy

nghiền nón cũng như máy nghiền má đập thường áp dụng chu trình nghiền hở. Mức độ nghiền ở chu trình này khi dùng với máy nghiền má đập chỉ phụ thuộc vào độ hở nạp liệu và rãnh tháo liệu của máy.

(2) Chu trình kín (hình 3.4): Nguyên liệu được đưa trực tiếp vào máy nghiền. Sản phẩm ra khỏi máy nghiền được đưa qua thiết bị phân loại như máy sàng, máy rây... để phân loại sản phẩm theo cỡ hạt yêu cầu. Như trên hình 3.4, sản phẩm ra khỏi máy nghiền nón được phân ra làm ba cỡ hạt: mịn, trung bình và thô. Phần thô được đưa trở lại máy nghiền nón, phần mịn được đưa xuống máy nghiền bi để cho sản phẩm nghiền cuối cùng, phần cỡ hạt trung bình được đưa vào máy nghiền bi có bi hình trụ trước khi vào máy nghiền bi cuối cùng. Máy nghiền bi cuối cùng như vậy hoạt động ở trạng thái ướt. Chu trình kín như vậy rất cần thiết trong quá trình nghiền mịn và siêu mịn. Trong chu trình kín cần tiêu tốn năng lượng cho các thiết bị vận chuyển và phân loại, tuy nhiên tổng năng lượng tiêu tốn vẫn ít hơn 25% so với nghiền theo chu trình hở.



Hình 3.4: Sơ đồ chu trình nghiền kín
(1) Máy nghiền nón; (2) Sàng; (3) Máy nghiền bi trụ;
(4) Máy nghiền bi; (5) Phân loại ly tâm.
A: Nhập liệu; B: Hạt thô hoàn lưu; C: Cỡ hạt trung bình;
D: Cỡ hạt mịn; E: Hạt to hoàn lưu; F: Nước;
G: Sản phẩm dạng huyền phù; H: Hạt to

(3) Chu trình kép: Trong chu trình này sản phẩm ra khỏi máy nghiền được nhập chung với nguyên liệu rồi đưa qua thiết bị phân loại. Sản phẩm đạt yêu cầu kích thước được lấy ra, phần hạt to được đưa nghiền lại. Chu trình kép thường dùng khi yêu cầu mức độ nghiền lớn như nghiền bột, đòi hỏi năng lượng tiêu hao lớn và thường lắp hai máy nghiền nối tiếp để thực hiện chu trình này.

Ngoài ra có thể kết cấu các bộ phận phân loại như sàng, lưới thu hồi sản phẩm, cyclon lắng... trong qui trình nghiền khô hoặc cyclon nước trong chu trình nghiền ướt, các bộ phận vận chuyển sản phẩm như quạt, máy thổi khí... vào trong hệ thống thiết bị nghiền để tăng hiệu quả hoạt động của máy đã được cơ giới hóa nhằm thao tác, điều khiển dễ dàng.

Tùy theo yêu cầu công nghệ có thể dùng qui trình nghiền khô hoặc nghiền ướt. Ưu điểm chính của qui trình nghiền khô là lượng vật liệu của các cơ cấu nghiền bị mài mòn chỉ vào khoảng 1/5 so với nghiền ướt. Lượng oxit kim loại gây bẩn sản phẩm ít hơn, chi phí bảo dưỡng máy ít hơn. Còn ở qui trình **nghiền ướt** cũng có một số ưu điểm chính như: lực nghiền chỉ bằng khoảng 3/4 lực nghiền khi nghiền khô; năng lượng chi phí phụ ít hơn; ít bụi bẩn và ồn ào nên điều kiện làm việc cho công nhân vận hành máy tốt hơn; vận chuyển sản phẩm bột mịn dễ hơn; cỡ hạt đồng đều hơn và máy nghiền ít bị nóng.

§ 3.2. MÁY NGHIỀN THÔ VÀ TRUNG BÌNH

3.2.1. Máy nghiền má đập

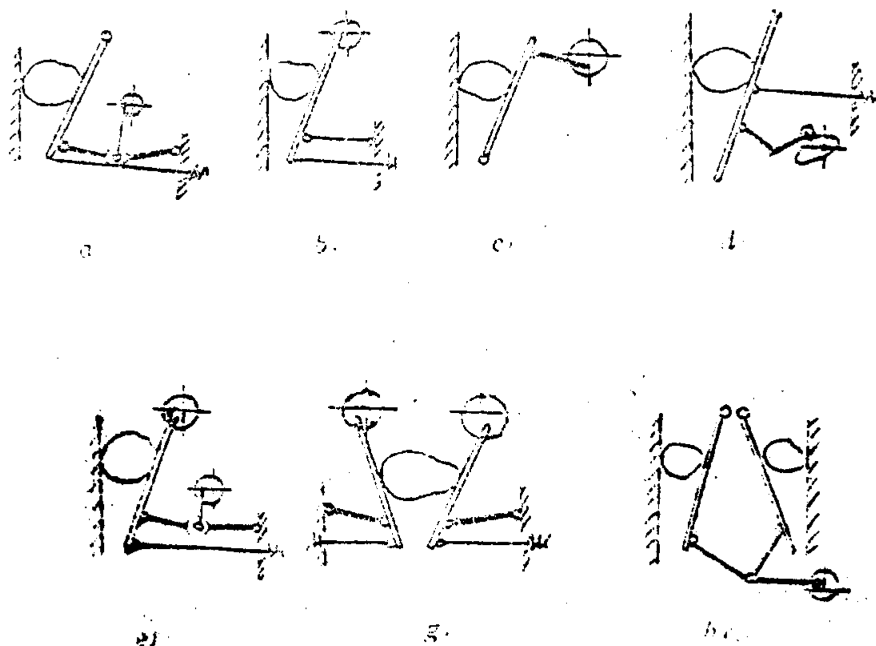
3.2.1.1. Phạm vi ứng dụng và phân loại

Máy nghiền có má đập được ứng dụng rộng rãi để nghiền vật liệu có độ cứng thuộc loại cao và trung bình ra sản phẩm có kích thước lớn và trung bình.

Loại máy nghiền này hoạt động trên nguyên tắc va đập và có mức độ nghiền i = 3 ÷ 10.

Chi tiết làm việc chính của máy gồm

- Má đập cố định 1.
- Má đập di động 2.



Hình 3.5: Sơ đồ nguyên lý máy nghiền má đập

Bảng 3.3 Lựa chọn máy đập nghiền

Quá trình nghiền	Độ cứng	Kích thước (1) mm				Tỉ số nghiền	Loại máy nghiền
		Nhập liệu		Sản phẩm			
		Max	Min	Max	Min		
Đập:							
Sơ cấp	Cứng	1500	300	500	100	3-1	Máy nghiền thô và trung bình
		500	100	125	25	4-1	
Thứ cấp	Cứng	125	25	25	5	5-1	
		40	6	5	1	7-1	
	Mềm	500	100	50	10	10-1	
Nghiền							
Thô	Cứng	5	1	0,5	0,075	10-1	Máy nghiền mịn
Mịn	Cứng	1,0	0,15	0,075	0,010	15-1	

Không gian làm việc của máy được tạo bởi khoảng trống giữa hai má đập. Khi má đập di động ở vị trí cách xa má đập cố định thì quá trình nhập liệu và tháo liệu được thực hiện. Khi má đập di động tiến gần tới má đập cố định quá trình đập nghiền sẽ xảy ra.

Máy nghiền có má đập được phân loại như sau:

1. Theo nguyên lý truyền động:

   - Đơn giản: loại a; c; d; h
   - Phức tạp: loại: b; g.
   - Tổng hợp: e

2. Theo cấu tạo má đập di động:

   - Loại treo phía trên: a; b; d; e; g; h
   - Loại treo phía dưới: c

3. Theo cơ cấu truyền động:

   - Cơ cấu lệch tâm - tay quay thanh truyền: a, b, c, e, g, h
   - Cơ cấu cam: d

Loại má đập treo phía trên khi làm việc sẽ tạo ra khoảng cách thay đổi ở phía dưới. Điều này làm cho kích thước hạt vật liệu sau khi nghiền sẽ không ổn định, tuy vậy việc tháo liệu là dễ dàng.

Loại má đập treo phía dưới sẽ tạo ra khoảng cách tháo liệu phía dưới không đổi, điều này sẽ làm cho kích thước vật liệu sau khi nghiền ổn định. Tuy vậy việc tháo liệu sẽ khó, dễ bị nghẹt.

Do đó loại má đập treo phía trên được ứng dụng rộng rãi hơn. Loại máy nghiền có cơ cấu truyền động đơn giản có ưu điểm là được lợi về lực tác dụng, điều này rất có lợi khi

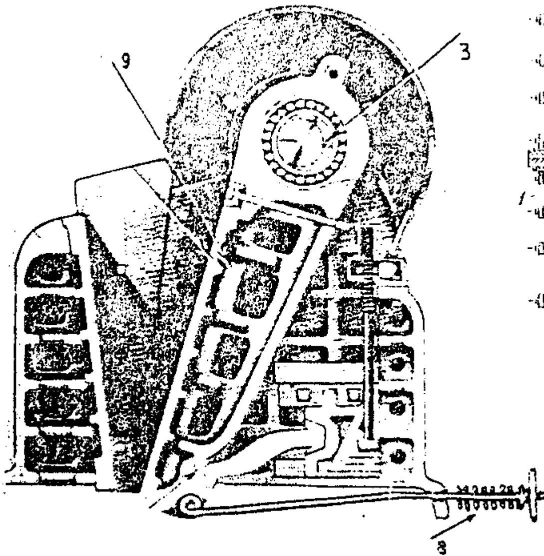
nghiền vật liệu cứng. Tuy vậy nó có nhược điểm là khoảng di động ở phía trên má đập nhỏ, do đó sẽ khó khăn khi nghiền các hạt vật liệu có kích thước lớn.

Loại máy nghiền có cơ cấu truyền động phức tạp có ưu điểm là đơn giản về cấu tạo, tốn ít vật tư chế tạo, làm việc ổn định và đều. Tuy vậy có nhược điểm là lực tạo ra tại má đập nhỏ hơn so với loại truyền động đơn giản.

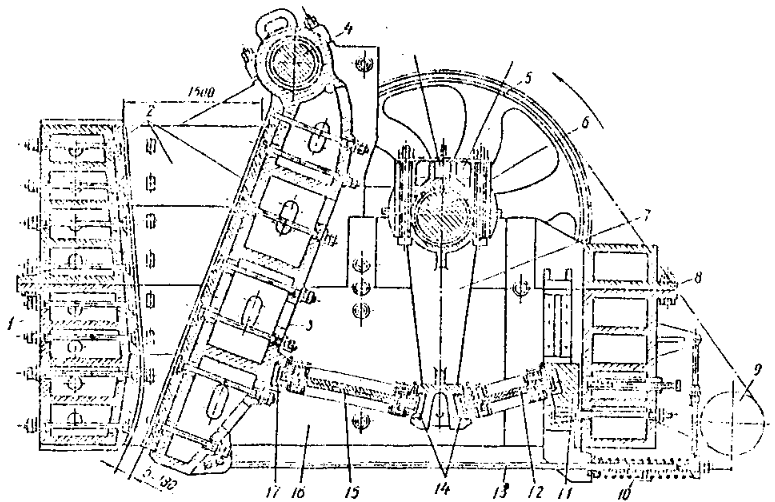
Tóm lại máy nghiền má đập có ưu điểm: cấu tạo đơn giản, dễ vận hành, năng suất cao và làm việc ổn định.

Nhược điểm của loại này là: gây tiếng ồn và bụi khi hoạt động.

3.2.1.2. Cấu tạo của máy nghiền má đập.



Hình 3.7: Cấu tạo máy nghiền má đập ruyền động phức tạp.



Hình 3.6: Cấu tạo máy nghiền má đập t ruyền động đơn giản.
1. Bệ máy; 3. Má di động; 4. Trục quay; 5. Trục lệch tâm; 6. Tay quay . 7. Má cố định; 8. Tay biên; 9. Lo xo điều chỉnh khe hở; 10,11. Thanh truyền sau và trước; 12,13. Tấm đập; 14. Khớp nối; 15,16. Bánh đà.

Trên hình 3.6 biểu diễn cấu tạo của máy nghiền má đập truyền động đơn giản. Bệ máy 1 chịu toàn bộ khối lượng của máy nên có khả năng chịu lực cao. Phía trên có gắn trục lệch tâm 5. Trên trục lệch tâm 5 có gắn tay quay 6 và phía dưới nối với hai thanh truyền trước (11) và sau (10). Tay quay dùng để thay đổi chuyển động tròn thành chuyển động tịnh tiến qua lại của má đập di động 3. Cuối trục lệch tâm có gắn hai bánh đà 15, 16 để cân bằng chuyển động của trục lệch tâm. Khớp nối 14 dùng để nối trục truyền động với trục lệch tâm. Má đập di động 3 là tấm kim loại đúc có gân, được treo trên trục quay 4. Phía dưới được nối với thanh truyền 11. Phần cuối thanh truyền 10 được tì lên hệ thống điều chỉnh khe hở 9. Trên bề mặt má đập cố định và di động có gắn các tấm đập 12 và 13.

Trên hình 3.7 biểu diễn cấu tạo máy nghiền má đập có chuyển động phức tạp. Trong

cấu tạo loại này không có chi tiết tay quay. Má đập di động 9 được mắc trực tiếp vào trục lệch tâm 3. Phía dưới má đập nối với bộ điều chỉnh 8. Còn các chi tiết khác tương tự như máy nghiền má đập có chuyển động đơn giản.

3.2.1.3. Tính toán các thông số cơ bản của máy nghiền má đập:

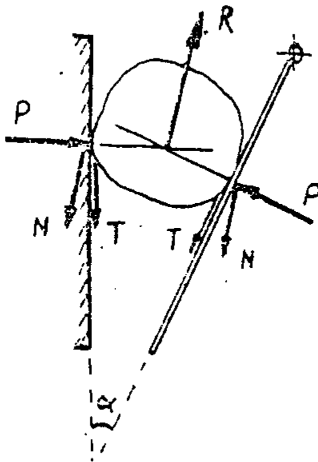
Khi tính toán chúng ta cần biết các thông số ban đầu sau:

- Kích thước lớn nhất của vật liệu trước khi nghiền D_{max}.
- Kích thước lớn nhất của vật liệu sau khi nghiền d_{max}.
- Độ cứng của vật liệu.
- Chiều rộng của máng nhập liệu B.

Thông thường

$$B \geq \frac{D_{max}}{0,5 \div 0,85} \quad (3.11)$$

- Chiều rộng khoang đập $L = (1,5 \div 3,5)B$ (3.12)
- Chiều cao khoang đập $H = (2,25 \div 2,65)B$ (3.13)



Hình 3.8: Sơ đồ xác định góc ôm của máy

1. Xác định góc ôm

Góc ôm - α là góc tạo bởi má đập cố định và má đập di động khi má đập di động tiến tới vị trí gần nhất so với má cố định.

Góc này phải có giá trị sao cho vật liệu khi va đập không bị văng ra ngoài.

Xét lực tác dụng lên vật liệu khi va đập ta thấy: hợp lực R có xu thế đẩy vật liệu ra ngoài hai má đập.

$$R = 2P\sin\frac{\alpha}{2} \quad (3.14)$$

Lực ma sát sinh ra khi hai má đập ép vật liệu sẽ có xu thế kéo vật liệu vào giữa hai má đập. (Ở đây ta bỏ qua lực khối lượng của vật liệu vì nó nhỏ so với các lực khác).

$$T = \mu P \quad (3.15)$$

μ - Hệ số ma sát giữa vật liệu với bề mặt má đập.

Chiếu lực T lên trục tọa độ có hướng song song với hướng tác dụng của lực R ta có:

$$N = T\cos\frac{\alpha}{2} \quad (3.16)$$

Hay

$$N = \mu P \cdot \cos\frac{\alpha}{2} \quad (3.17)$$

Điều kiện để hạt vật liệu được giữ lại giữa hai má đập:

$$2N \geq R \qquad (3.18)$$

Hay

$$2.\mu P \cos\frac{\alpha}{2} \geq 2P \sin\frac{\alpha}{2} \qquad (3.19)$$

Đơn giản ta có:

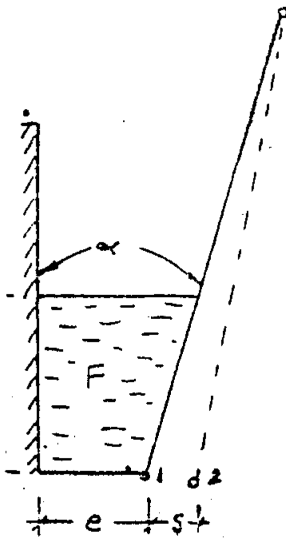
$$\mu \geq tg\frac{\alpha}{2} \qquad (3.20)$$

Biểu diễn hệ số ma sát μ qua góc ma sát α_m ($\mu = tg\alpha_m$), ta có:

$$tg\alpha_m \geq tg\frac{\alpha}{2} \qquad (3.21)$$

Hay:

$$2\alpha_m \geq \alpha \qquad (3.22)$$



Hình 3.9: Sơ đồ xác định số vòng quay của máy.

Như vậy để đảm bảo cho quá trình nghiền được tốt thì góc ôm α phải nhỏ hơn hai lần góc ma sát α_m.

Khi thiết kế máy nghiền má, thông thường góc ôm có giá trị từ 15° ÷ 25°.

2. Xác định số vòng quay của trục lệch tâm

Khi làm việc phần dưới của má đập di động sẽ có hai vị trí 1 và 2.

Vì khoảng dịch chuyển của má đập di động s rất nhỏ so với chiều dài má đập nên ta coi như góc α là không đổi. Như vậy khi bắt đầu tháo liệu vị trí vật liệu sau khi nghiền sẽ có tiết diện là F.

Chiều cao h của tiết diện được xác định:

$$h = \frac{s}{tg\alpha} \qquad (3.23)$$

s - khoảng dịch chuyển của má đập di động.

Khi tháo liệu vật liệu sẽ rơi tự do dưới tác dụng của trọng lực. Khi đó

$$h = \frac{gt^2}{2} \qquad (3.24)$$

g - gia tốc rơi tự do

Đối với cơ cấu truyền động lệch tâm tay quay thanh truyền thì số lần dao động của thanh truyền trùng với số vòng quay của trục lệch tâm. Vì quá trình tháo liệu chỉ xảy ra ở một nửa chu kì dao động nên thời gian tháo liệu sẽ là:

$$t = \frac{1}{2} \cdot \frac{60}{n} = \frac{30}{n}, \text{(s)} \tag{3.25}$$

n - số vòng quay trục lệch tâm (v/ph)

Thay thế giá trị t ở phương trình (3.25) vào phương trình (3.24) và cân bằng với phương trình (3.23) ta có:

$$\frac{s}{tg\alpha} = \frac{30^2}{2n^2} g \tag{3.26}$$

Suy ra:

$$n^2 = \frac{30^2 \cdot g \cdot tg\alpha}{2s} \tag{3.27}$$

$$n = 66{,}5 \quad \frac{tg\alpha}{s}, \quad \text{(v/ph)} \tag{3.28}$$

Trong công thức trên có bỏ qua một số yếu tố như lực ma sát giữa các hạt vật liệu khi truyền động. Do đó thực tế thường lấy số vòng quay nhỏ hơn số vòng quay lý thuyết vì nó sẽ làm tăng năng suất và giảm độ rung của máy.

Giá trị s thường lấy từ 0,005 đến 0,03m.

3. Năng suất của máy

Năng suất máy nghiền má đập phụ thuộc vào kích thước khoang nghiền, chiều rộng rãnh tháo liệu, số vòng quay của trục lệch tâm, tính chất của vật liệu nghiền.

Năng suất lý thuyết có thể xác định như sau:

Khi tháo liệu vật liệu sẽ rớt ra có dạng là hình thang tiết diện F. Đáy hình thang là e và e + s. Chiều dài hình thang bằng chiều rộng khoang nghiền L.

Diện tích F được xác định:

$$F = \frac{(e + s) + e}{2} \cdot h = \frac{2e + s}{2} \cdot h \tag{3.29}$$

Ở đây: $$h = \frac{s}{tg\alpha} \tag{3.30}$$

Thể tích khoang chứa liệu:

$$V = F \cdot L = \frac{2e + s}{2} \cdot h \cdot L = \frac{(2e + s)\, s}{2tg\alpha} \cdot L \tag{3.31}$$

Lúc đó năng suất của máy sẽ là:

$$Q = 60 \cdot n \cdot V \cdot k \cdot \rho \cdot g = \frac{60 \cdot n\,(2e + s) \cdot s}{2tg\alpha} L\, k \rho\, g \tag{3.32}$$

Kí hiệu:

$$d_{tb} = \frac{2e + s}{2}$$

Là kích thước trung bình của vật liệu sau khi nghiền.

Thay vào phương trình (3.32) ta có:

$$Q = \frac{60 . n . d_{tb} . s . L . k . \rho . g}{tg\alpha}, \quad (T/h) \tag{3.33}$$

Ở đây:

n - số vòng quay của trục lệch tâm, (v/ph)

d_{tb} - kích thước trung bình của vật liệu sau khi nghiền, (m)

s - khoảng dịch chuyển của má đập di động, (m)

L - chiều rộng khoang đập, (m)

k - hệ số phá vỡ vật liệu, thường có giá trị từ 0,25 ÷ 0,6.

ρ - khối lượng riêng của vật liệu nghiền, (tấn/m^3)

g - gia tốc rơi tự do, (m/s^2)

α - góc ôm của máy, - độ

4. Xác định công suất máy nghiền

Công suất máy nghiền má đập phụ thuộc vào nhiều yếu tố do đó khó thiết lập công thức để xác định chính xác được công suất tiêu thụ của máy nghiền. Vì quá trình nghiền chỉ xảy ra ở một nửa chu kì dao động, việc nhập liệu không đều cũng gây nhiều khó khăn khi xác định công suất nghiền.

Theo Levenson L.B thì công suất máy nghiền có thể tính theo công thức sau:

$$N = \frac{n . L . \sigma^2 (D_h^2 - d_h^2) . K_1 . K_2}{0{,}436 . 10^7 . E . \eta}, \quad (kW) \tag{3.34}$$

Ở đây:

E - môđun đàn hồi của vật liệu nghiền, N/cm^2

σ - giới hạn bền nén của vật liệu nghiền, N/cm^2

L - chiều rộng khoang nghiền, cm

D_h, d_h - kích thước vật liệu trước và sau khi nghiền, (cm)

n - số vòng quay của trục lệch tâm, v/ph

η - hệ số công có ích của máy nghiền

K_1 - hệ số độ cứng của vật liệu phụ thuộc vào kích thước vật liệu nghiền

K_2 - hệ số tính với diện tích sử dụng của khoang nghiền.

Theo Berenov D.I công suất máy nghiền má đập chuyển động đơn giản có thể xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$N = C . A. B, \quad (kW) \tag{3.35}$$

C - hệ số phụ thuộc vào kích thước máng nhập liệu

A, B - kích thước máng nhập liệu, (cm)

Theo Olevski B.A công suất máy nghiền má đập chuyển động đơn giản có thể xác định theo công thức sau:

$$N = 11{,}7 . m . L . H . s . n, \quad (kW) \tag{3.36}$$

m - hệ số kết cấu của máng, thường có giá trị 0,56 ÷ 0,6

L,H - kích thước khoang đập, (m)

s - khoảng dịch chuyển của má đập di động, m

n - số vòng quay của trục lệch tâm, (v/ph)

Đối với máy nghiền má đập có chuyển động phức tạp công suất của máy có thể xác định theo công thức sau:

$$N = 12 . H . B . r .n, \quad (kW) \tag{3.37}$$

Ở đây:

r - bán kính lệch tâm của trục lệch tâm, (m)

5. Xác định lực tác dụng lên một số chi tiết của máy nghiền

Điểm đặt lực va đập vào vật liệu được xác định bằng:

$$l = \frac{1}{3} L$$

đối với máy nghiền có chuyển động đơn giản là:

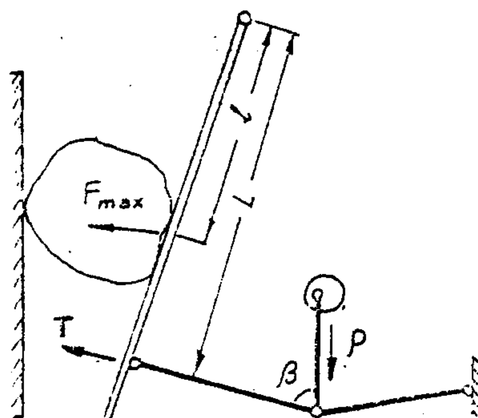
$$l = \frac{1}{2} L$$

đối với máy nghiền có chuyển động phức tạp.

Ở đây:

L - Chiều dài má đập di động

l - Khoảng cách từ tâm treo đến điểm đặt lực



Hình 3.10: Xác định lực tác dụng

Đối với máy nghiền có chuyển động đơn giản lực tác dụng tối đa được xác định theo công thức sau:

$$F_{max} = \frac{3200 . N . \eta}{n . S}, \quad N \qquad (3.38)$$

Đối với máy nghiền có chuyển động phức tạp

$$F_{max} = \frac{4100 . N . \eta}{n (s + 2r) \cos\alpha}, \quad N \qquad (3.39)$$

Ở đây:

s - khoảng dịch chuyển của máy nghiền, (m)

r - bán kính lệch tâm, (m)

α - góc ôm

n - số vòng quay của trục lệch tâm, (v/ph)

N - Công suất động cơ, (kW)

η - hệ số công có ích thường có giá trị 0,6÷ 0,7.

Lực F do trục lệch tâm truyền xuống tay quay được xác định như sau:

$$F = 2000 \frac{N . h}{r . n}, \quad (N) \qquad (3.40)$$

Lực T được truyền từ tay quay sang thanh truyền được xác định:

$$T = \frac{F}{2\cos\beta}, \quad (N) \qquad (4.41)$$

β - góc tạo giữa tay quay và thanh truyền.

Từ đây ta thấy khi góc β tăng thì lực T sẽ tăng lên rất lớn. Do đó khi thiết kế thường chọn góc $\beta = 80^o \div 82^o$.

Bảng 3.4 : Năng suất máy nghiền má đập, T/h

Kích thước cửa nhập liệu,mm	Loại má đập	Kích thước cửa tháo liệu,mm													Vòng/ph	Công suất động cơ, HP	Khối lượng máy,T
		37	50	62	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300			
380x250	A	7T	11 T	16T	20T	28T									235	15	5
	B	16	23	28	35	47											
600x375	A		22	28	35	48	60T								210	35	13,5
	B	25	34	43	52	69	86										
900x600	A				45	67	88	110T							210	75	35
	B				80	102	127	170									
1050x1000	A					90	103	130	155T	190T					190	125	70
	B					140	164	197	230	263							
1200x900	A						120	155	187	225					190	150	72,5
	B						187	224	262	300							
1200x1050	A						120	155	187	225					190	150	80
	B						187	224	262	300							
1500x1200	A						150	210	240	265	300T				170	200	108
	B						262	314	368	420	472						
2100x1400	A									360	425	480T	565T	630	90	200	212
	B									...	...	...	...	...			
2100x1500	A									360	425	480	565	630	90	250	215
	B																
2100x1650	A									120	480	510	570	630	90	250	230
	B																

A: má đập trơn

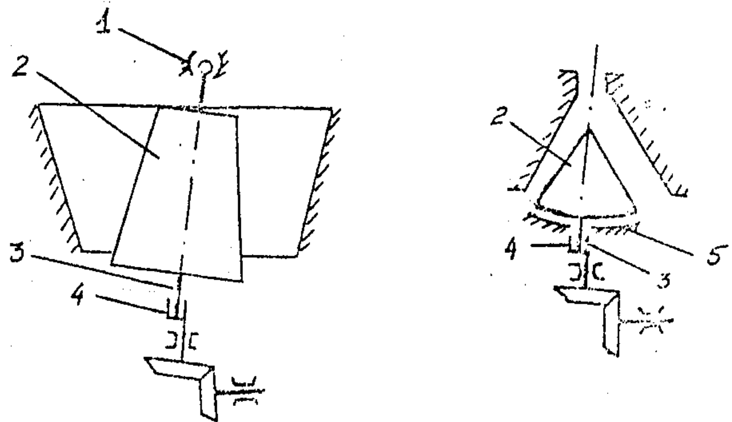
B: má đập có răng

3.2.2. Máy nghiền nón

3.2.2.1. Ứng dụng, nguyên tắc hoạt động và phân loại

Máy nghiền nón được ứng dụng rộng rãi để nghiền thô, nghiền trung bình các vật liệu cứng.

Máy hoạt động trên nguyên tắc chèn ép và ma sát khi bề mặt nón di động chuyển động tới gần bề mặt nón cố định. Chuyển động trên được thực hiện nhờ chuyển động lắc hay quay tròn của cơ cấu lệch tâm.



Hình 3.11: Sơ đồ truyền động máy nghiền nón
1. Ổ cầu; 2. Nón di động; 3. Trục; 4. Cơ cấu lệch tâm; 5. Mặt cầu.

Theo cấu tạo máy nghiền nón được chia làm 3 loại như sau:

a- Máy có trục thẳng đứng cố định.

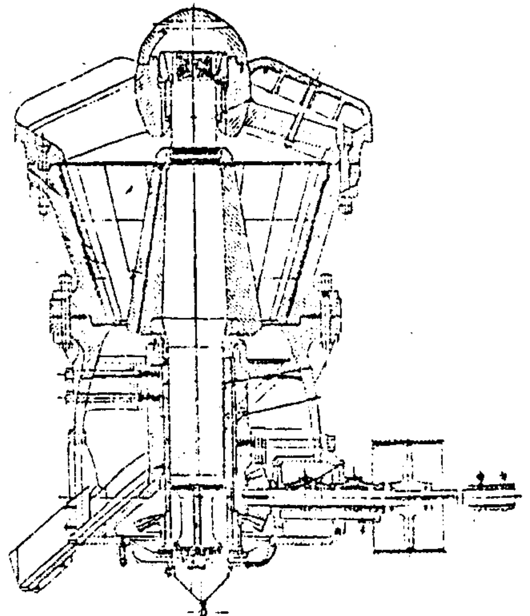
b- Máy có trục được treo ở phía trên bằng cơ cấu bi cầu.

c- Máy có trục consol được đỡ ở phía dưới.

Sơ đồ truyền động của máy nghiền nón được biểu diễn ở hình 3.11

Nón di động 2 được bắt cứng vào trục 3. Phía dưới trục 3 được gắn vào cơ cấu lệch tâm 4 làm cho trục quay của nón di động tạo với trục của nón cố định một góc nào đó. Đối với máy nghiền nón dùng để nghiền thô thì phía trên trục 3 được nối với ổ cầu 1. Còn đối với máy nghiền nón dùng để nghiền trung bình và nghiền mịn thì nón di động được tì lên mặt cầu 5. Lúc đó trục 3 không có điểm tựa phía trên nên được gọi là trục consol.

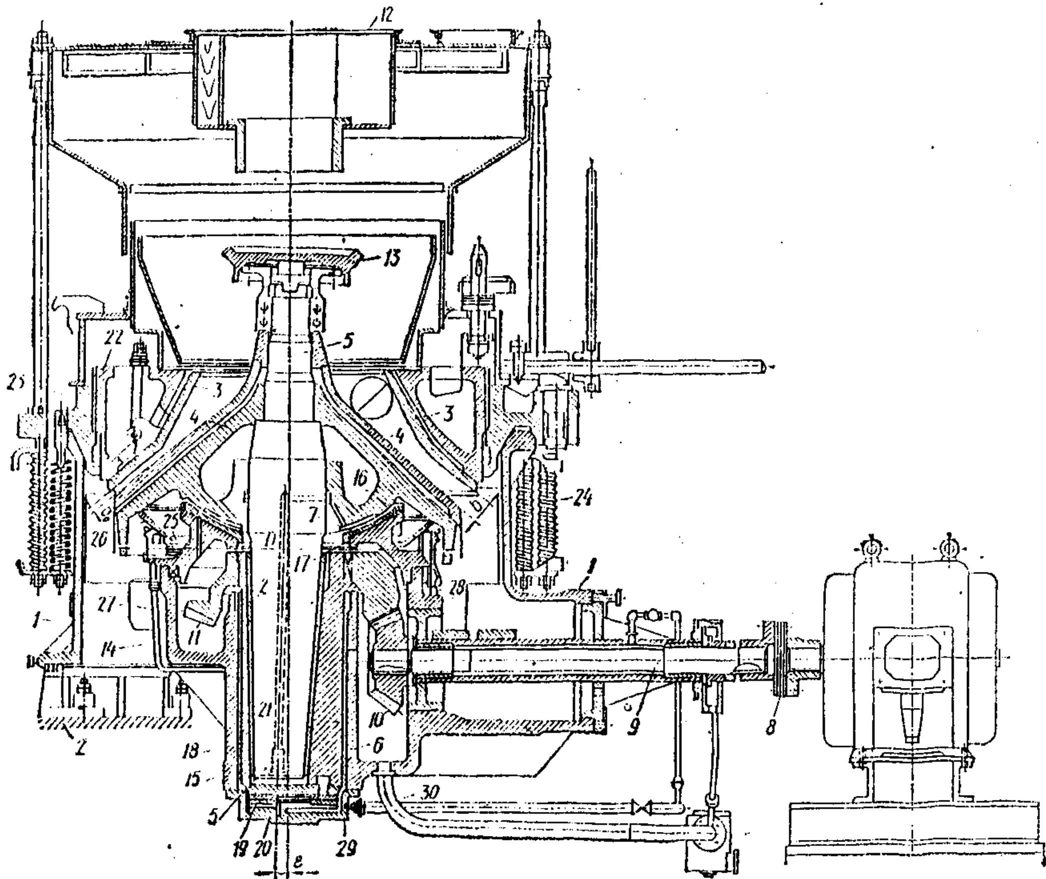
Khi làm việc mặt nón di động trượt trên bề mặt nón cố định do đó vật liệu sẽ bị chèn ép và nghiền nhỏ giữa hai bề mặt. Do bề mặt nón di động chuyển động tròn nên quá trình nghiền xảy ra là liên tục không bị gián đoạn như máy nghiền có má đập.



Hình 3.12a: Cấu tạo máy nghiền nón
Máy nghiền nón dùng để nghiền thô;

Máy nghiền nón có ưu điểm là hoạt động đều, êm, ít bị rung, năng lượng tiêu tốn cho một đơn vị vật liệu nghiền nhỏ hơn so với máy nghiền có má đập.

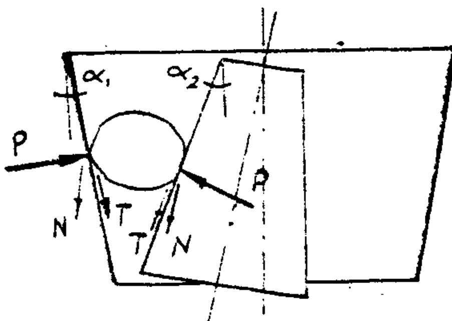
3.2.2.2. Cấu tạo máy nghiền nón



Hình 3.12b: Cấu tạo máy nghiền nón
Máy nghiền nón dùng để nghiền trung bình và nghiền mịn.

3.2.2.3. Tính toán máy nghiền nón

1. Góc ôm của máy



Hình 3.13: Sơ đồ xác định góc ôm máy nghiền nón

Góc ôm máy nghiền nón là góc tạo bởi mặt trong của nón nghiền cố định và mặt ngoài của nón nghiền di động khi chúng ở vị trí gần nhau nhất.

Quan hệ giữa lực tác dụng ở đây cũng giống như trong trường hợp máy nghiền má đập. Góc ôm sẽ bằng:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 \tag{3.42}$$

Tương tự như trong máy nghiền má đập

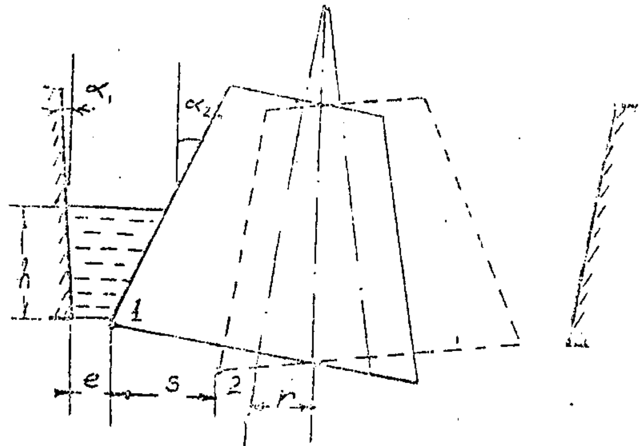
$$\alpha \leq 2\alpha_m \tag{3.43}$$

α_m góc ma sát giữa vật liệu và bề mặt nón nghiền.

Thông thường đối với máy nghiền thô $\alpha = 21^o \div 23^o$, đối với máy nghiền mịn $\alpha = 12^o \div 18^o$.

2. Số vòng quay của nón di động

Số vòng quay của nón di động được xác định từ điều kiện đảm bảo quãng đường di chuyển của vật liệu trong máy nghiền. Khi nón di động dịch chuyển từ vị trí 2 đến vị trí 1 vật liệu nằm giữa hai mặt nón sẽ bị ép lại và vỡ ra. Khi chuyển động ngược lại vật liệu bị nghiền sẽ rớt ra khỏi vùng nghiền dưới tác dụng của chính bản thân khối lượng. Do đó số vòng quay của nón di động cần phải đảm bảo sao cho khi nón di động dịch chuyển từ vị trí 1 đến vị trí 2 vật liệu trong thể tích bị gạch phải rớt hết ra ngoài. Quãng đường rơi của vật liệu sẽ là



Hình 3.14: Sơ đồ xác định số vòng quay của nón di động

$$h = \frac{gt^2}{2} \tag{3.44}$$

Nếu như nón di động thực hiện n vòng/phút, thì thời gian nó dịch chuyển từ điểm 1 đến điểm 2 hay là thời gian vật liệu rơi sẽ là:

$$t_1 = \frac{30}{n}, \quad (s) \tag{3.45}$$

Thời gian vật liệu rơi tự do

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad (s) \tag{3.46}$$

Từ điều kiện: $t_1 = t_2$ ta có:

$$\frac{2h}{g} = \frac{30^2}{n^2} \tag{3.47}$$

Suy ra:

$$n = 30\sqrt{\frac{g}{2h}} \tag{3.48}$$

Từ sơ đồ hình 3.14 ta có:

$$h = \frac{s_1}{tg\alpha_1} = \frac{s_2}{tg\alpha_2} \tag{3.49}$$

Vì: $s_1 = s_2 = 2r = s$; $\alpha_1 - \alpha_2 = \alpha$

Khi đó:

$$h = \frac{s}{tg\alpha_1 + tg\alpha_2} = \frac{2r}{tg\alpha_1 + tg\alpha_2} \tag{3.50}$$

Thay giá trị h vào phương trình 3.48 ta có:

$$n = 47\sqrt{\frac{tg\alpha_1 + tg\alpha_2}{r}}, \quad \text{vòng/phút} \tag{3.51}$$

Ở đây: r - khoảng cách chuyển động lệch tâm của trục nón di động (m). Đại lượng này thường có giá trị trong khoảng 0,005 ÷ 0,02 m.

Số vòng quay tính theo công thức (3.51) thường nhỏ hơn thực tế từ 5 ÷ 10% do ma sát giữa vật liệu và bề mặt nón nghiền.

3. Năng suất máy nghiền nón

Sau một vòng chuyển động của nón di động vật liệu nghiền sẽ rớt ra theo tiết diện vành khăn (hình 3.14). Thể tích hình vành khăn sẽ là:

$$V = \pi \cdot D_c \cdot A \tag{3.52}$$

D_c - Đường kính trung bình của tiết diện vành khăn có mặt cắt là A.

A - Diện tích mặt cắt A.

Lúc đó năng suất một góc của máy sẽ là:

$$V = 60 \cdot \pi \cdot n \cdot D_c \cdot A, \quad m^3/h \tag{3.53}$$

Nếu tính đến hệ số phá vỡ vật liệu k và khối lượng riêng của vật liệu nghiền ρ thì:

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot D_c \cdot n \cdot A \cdot k \cdot \rho \cdot g, \quad \text{tấn/h} \tag{3.54}$$

Do: $D_c = D_2 - (2r + l)$

$$A = \frac{2(l + r) \cdot h}{2} = (l + r)\frac{s}{tg\alpha_1 + tg\alpha_2}$$

và nếu lấy: $2r + l \approx d$

Ta sẽ có:

$$Q = \frac{188{,}4 \cdot d \cdot n \cdot s \cdot (D_2 - d) \cdot k \cdot \rho \cdot g}{tg\alpha_1 + tg\alpha_2}, \quad (t/h) \tag{3.55}$$

d - kích thước vật liệu sau khi nghiền - m

n - số vòng quay của nón di động - vòng/phút

$s = 2r$ - khoảng dịch chuyển của phần dưới nón di động - m

D_2 - đường kính đường tròn dưới của nón cố định - m

k - hệ số phá vỡ vật liệu có giá trị bằng 0,4 ÷ 0,7

ρ - khối lượng riêng của vật liệu đem nghiền t/m^3

g - gia tốc rơi tự do - m/s^2

4. Xác định kích thước máy nghiền

Đường kính đường tròn dưới của nón cố định có thể xác định từ công thức (3.56)

$$D_2 = \frac{Q\,(tg\alpha_1 + tg\alpha_2)}{188{,}4\,.\,n\,.\,s\,.\,d\,.\,\mu\,.\,\rho\,.\,g} + d \quad (3.56)$$

Đường kính đường tròn dưới của nón di động

$$d_2 = D_2 - (2l + 2r) \quad (3.57)$$

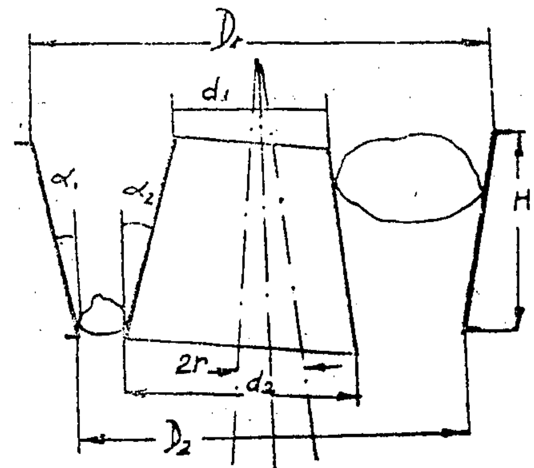
Hay:

$$d_2 = D_2 - 2d \quad (3.58)$$

Đường kính đường tròn trên của nón cố định

$$D_1 = d_1 + 2{,}2D \quad (3.59)$$

Đường kính đường tròn trên của nón di động xác định từ mối quan hệ



Hình 3.15: Sơ đồ xác định kích thước máy nghiền nón dùng để nghiền thô

$$\frac{D_1 - D_2}{2tg\alpha_1} = \frac{d_2 - d_1}{2tg\alpha_2} \quad (3.60)$$

Từ đó:
$$d_1 = d_2 - \frac{(D_1 - D_2)\,tg\alpha_2}{tg\alpha_1} \quad (3.61)$$

Chiều cao nón nghiền:

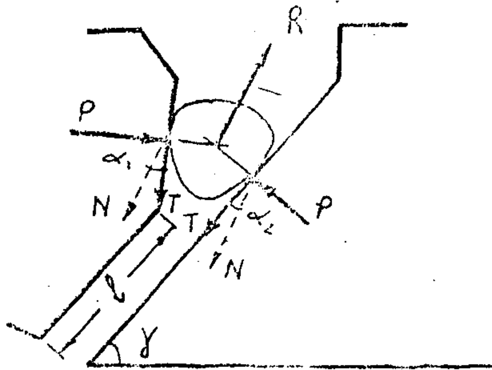
$$H = \frac{D_1 - D_2}{2tg\alpha_1} = \frac{d_2 - d_1}{2tg\alpha_2} \quad (3.62)$$

3.2.2.4. Tính toán máy nghiền nón để nghiền trung bình và nghiền mịn

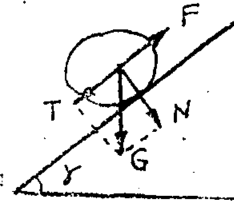
1. Góc ôm

Góc ôm ở đây là góc tạo bởi mặt trong và mặt ngoài của nón cố định và di động tại hướng nhập liệu.

Xét điều kiện cân bằng lực tác dụng lên vật liệu như ở trên cũng sẽ thu được biểu thức $\alpha \leq 2\alpha_m$, tức là góc ôm phải nhỏ hơn hoặc bằng 2 lần góc ma sát.



Hình 3.16: Sơ đồ xác định góc ôm của máy nghiền nón dùng để nghiền trung bình và mịn



***Hình 3.17:** Sơ đồ xác định số vòng quay của nón di động.*

2. Xác định số vòng quay của nón di động

Khi xác định số vòng quay của nón di động trong may nghiền trung bình và mịn, coi rằng hạt vật liệu trượt trên bề mặt hình nón dưới tác dụng của trọng lực, lực quán tính coi như không đáng kể. Để thu được sản phẩm sau khi nghiền có cỡ hạt đồng đều, khi thiết kế có chế tạo một đoạn ở vùng dưới, tại đó hai mặt hình nón song song với nhau và có chiều dài l. Để hạt vật liệu phải được ép tại vùng trên phải đảm bảo điều kiện thời gian chuyển động của hạt vật liệu trong vùng có 2 mặt phẳng song song phải lớn hơn thời gian một chu kì dao động của nón di động.

Xét lực tác dụng lên vật liệu khi vật liệu nằm trên bề mặt của nón di động. Lực khối lượng G có thể phân tích thành hai lực thành phần:

- Theo phương pháp tuyến $N = G\cos\gamma$.
- Theo phương tiếp tuyến $T = G\sin\gamma$.

Lực ma sát $F = \mu \cdot N = \mu G \cos\gamma$ sẽ hướng theo chiều ngược lại với chuyển động của vật liệu. Do đó hợp lực tạo chuyển động của vật liệu sẽ là:

$$P = T - F = G\sin\gamma - \mu G\cos\gamma \quad (3.63)$$

Dưới tác dụng của lực P vật liệu sẽ chuyển động với gia tốc a.

Khi đó:

$$P = m \cdot a = \frac{G}{g} a = G(\sin\gamma - \mu\cos\gamma) \quad (3.64)$$

Hay là:

$$a = g(\sin\gamma - \mu\cos\gamma) \quad (3.65)$$

Nếu vận tốc ban đầu của vật liệu bằng không, thì đoạn đường nó chuyển dịch được trong thời gian t sẽ là:

$$l = \frac{at^2}{2} \tag{3.66}$$

Thay giá trị a từ biểu thức (3.65) vào ta có:

$$l = \frac{gt^2}{2}(\sin\gamma - \mu\cos\gamma) \tag{3.67}$$

Khi đó:

$$t = \sqrt{\frac{2l}{g(\sin\gamma - \mu\cos\gamma)}} \tag{3.68}$$

Mặt khác thời gian dao động một chu kì của nón dao động sẽ là:

$$t_1 = \frac{60}{n} \tag{3.69}$$

Như điều kiện đã nêu ở trên, để đảm bảo cho quá trình làm việc được tốt thì: $t \geq t_1$. Khi đó:

$$\sqrt{\frac{2l}{g(\sin\gamma - \mu\cos\gamma)}} \geq \frac{60}{n} \tag{3.70}$$

Từ đây:

$$n \geq 60\sqrt{\frac{g(\sin\gamma - \mu\cos\gamma)}{2l}}, \quad \text{v/ph} \tag{3.71}$$

Đối với máy nghiền mịn thì việc xác định số vòng quay của nón di động cũng theo công thức (3.71), nhưng đoạn l có giá trị gấp đôi so với máy nghiền trung bình vì như vậy mới đảm bảo độ mịn của sản phẩm.

3. Năng suất của máy nghiền

Khi tính năng suất của máy ta coi rằng khi nón di động chuyển động được 1 chu kỳ thì vật liệu thu được sẽ bằng thể tích tạo bởi hai mặt song song của hình nón. Khi đó:

$$V = \pi . e . l . D_c \tag{3.72}$$

e - khoảng cách giữa hai bề mặt song song (kích thước của khe tháo liệu) - m

l - chiều dài của bề mặt song song - m

D_c - đường kính trung bình của tiết diện có thể tích trên - m

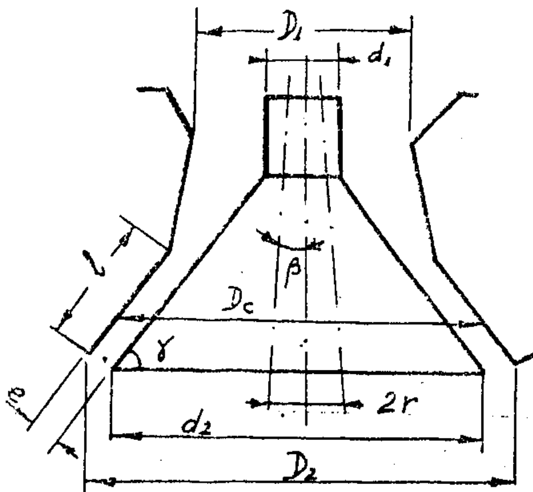
Lúc đó năng suất của máy sẽ là:

$$Q = 60 . \pi . n . e . l . D_c . k . \rho . g, \quad \text{tấn/h} \tag{3.73}$$

4. Xác định kích thước máy nghiền

Đường kính dưới của nón cố định được xác định theo công thức:

$$D_2 = D_c + l\cos\beta + 2(e + r) \tag{3.74}$$



Hình 3.18: Sơ đồ xác định kích thước máy nghiền nón dùng để nghiền trung bình và mịn

Ở đây D_c được xác định từ công thức (3.73)

$$D_c = \frac{Q}{60 . \pi . n . e . l . k . \rho . g} \quad (3.75)$$

Đường kính dưới của nón di động:

$$d_2 = D_c + l\cos\beta - 2(e + r) \quad (3.76)$$

Đường kính trên của nón di động d_1 lấy bằng đường kính của trục gắn vào nón di động.

Chiều cao hình nón

$$H = \frac{d_2 - d_1}{2} tg\beta \quad (3.77)$$

Đường kính trên của nón cố định:

$$D_1 = d_1 + 2{,}2\, d_k \quad (3.78)$$

3.2.2.5. Xác định công suất tiêu thụ

Công suất tiêu tốn của máy nghiền được sử dụng để nghiền vật liệu và thắng trở lực ma sát khi truyền động. Hệ số công có ích η phụ thuộc vào kích thước của máy, máy càng lớn thì năng suất càng cao và hệ số η càng lớn. Khi tăng mức độ nghiền của máy thì giá trị của η cũng sẽ giảm.

Đối với máy nghiền nón dùng để nghiền thô có thể sử dụng công thức Levenson L.B:

$$N = \frac{n . \sigma^2 . D_2}{0{,}14 . 10^6 . E . \eta} (D_h^2 - d_h^2), \quad (kW) \quad (3.79)$$

D_2 - đường kính dưới của nón cố định - cm

D_h, d_h - kích thước vật liệu trước và sau khi nghiền - cm

n - số vòng quay của nón di động - v/ph

σ - ứng suất nén cho phép của vật liệu N/cm^2

E - Môđun đàn hồi của vật liệu nghiền - N/cm^2

Có thể sử dụng công thức của Olevski V.A. để xác định công suất máy nghiền thô:

$$N = 60 . K . d_2^2 . r . n \; (kW) \quad (3.80)$$

d_2 - đường kính dưới nón di động - m

r - bán kính lệch tâm - m

n - số vòng quay của trục lệch tâm v/s

K - hệ số phụ thuộc vào tính chất cơ lý của vật liệu nghiền.

Đối với vật liệu cứng: K = 24

Đôi khi để ước tính công suất máy nghiền ta có thể sử dụng công thức thực nghiệm sau:

$$N = 85 \cdot D_2^2 (kW) \tag{3.81}$$

D_2 - đường kính dưới của nón cố định - m

Đối với máy nghiền trung bình và mịn sử dụng công thức sau của Olevski V.A để xác định công suất:

$$N = 12{,}6 \cdot d_2^2 \cdot n \ (kW) \tag{3.82}$$

d_2 - đường kính dưới của nón di động - m

n - số vòng quay của trục lệch tâm - v/ph

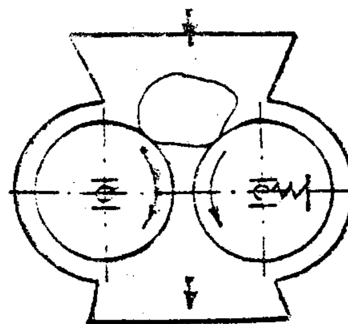
Bảng 3.5: Năng suất máy nghiền nón

Kích thước cửa nhập liệu, mm	Nghiền mịn		Nghiền thô		Bánh đai truyền động, v/ph	Công suất động cơ, HP	Khối lượng máy, T
	K.thước cửa tháo liệu, mm	Năng suất, T/h	K.thước cửa tháo liệu, mm	Năng suất, T/h			
56x250	9	0,5			700	3	0,350
200x850	38	25	62,5	47	450	15-25	10
250x100	44	39	87,5	93	400	25-40	15
325x1125	50	63	87,5	128	375	50-75	22,5
400x1400	75	120	100	176	350	60-100	31
500x1700	87,5	152	125	245	330	75-125	47
750x2250	100	235	162,5	150	325	125-175	85
900x3150	125	365	165	525	300	175-225	132
1050x3300	137,5	475	165	645	300	200-275	143
1250x4050	150	740	181	845	250	225-300	280
1350x4050	156	875	200	1050	250	225-300	315

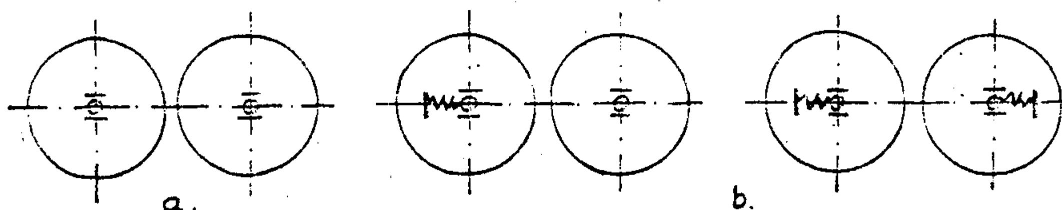
3.2.3. Máy nghiền trục

3.2.3.1. Cấu tạo và ứng dụng

Máy nghiền trục được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm để nghiền các loại ngũ cốc, các loại hạt có dầu v.v... Sơ đồ nguyên lý của máy nghiền trục được mô tả trong hình. Và các đặc tính của chúng được cho trong bảng.

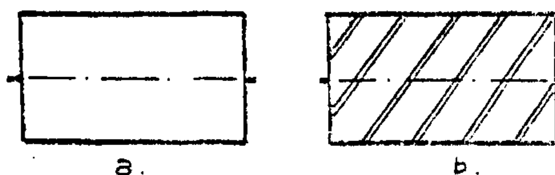


Hình 3.19: Sơ đồ nguyên lý của máy nghiền trục



Hình 3.20: Các loại máy nghiền trục
a. Khe hở không đổi; b. Khe hở thay đổi

Nguyên lý làm việc của máy nghiền trục là nghiền nát vật liệu bằng phương pháp ép khi vật liệu đi qua khe hở giữa hai trục và chà sát khi vận tốc quay của hai trục khác nhau.



Hình 3.21: Các loại trục nghiền
a. Trục trơn; b. Trục gai

Dựa theo số cặp trục nghiền, máy nghiền trục có thể chia ra thành:

- Máy có một cặp trục.
- Máy có nhiều cặp trục.

Dựa theo cách lắp đặt trục nghiền có thể chia ra:

- Máy có hai trục nghiền cố định dùng để nghiền các loại vật liệu không xuất hiện hiện tượng quá tải đột ngột. Loại máy này khi làm việc thì khoảng cách giữa hai trục là cố định.

- Loại có một trục nghiền di động do có lò xo định vị. Loại máy này thích hợp với các loại vật liệu dạng hạt nhỏ. Khi gặp trường hợp quá tải, lực ép tăng lên sẽ nén lò xo lại, làm tăng kích thước khe hở giữa hai trục để thoát lớp vật liệu ra. Khi chấm dứt hiện tượng trên lò xo lại đẩy trục nghiền trở lại vị trí cũ.

Dựa theo cấu tạo trục nghiền có thể chia ra:

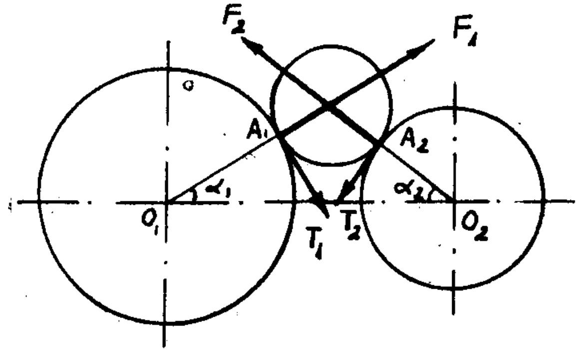
- Trục nghiền trơn dùng để nghiền các loại hạt hay các vật liệu có bề mặt ma sát lớn.
- Trục gai: trên bề mặt trục nghiền có phay rãnh dùng để nghiền các vật liệu dai.

3.2.3.2. Tính toán máy nghiền trục

1. Xác định góc ôm và kích thước trục nghiền

Xét cặp trục nghiền có đường kính là D_1 và D_2. Giả thiết hạt vật liệu là hình cầu có đường kính D_h và khoảng cách khe hở giữa hai trục nghiền là h.

Hai góc ôm α_1 và α_2 là góc tạo bởi đường nối tâm O_1O_2 và các đường bán kính O_1A_1; O_2A_2 (A_1 và A_2 là điểm tiếp xúc của vật liệu với bề mặt trục nghiền).



Hình 3.22: Sơ đồ xác định góc ôm của máy nghiền

Nếu hai trục quay cùng vận tốc $n_1 = n_2 = n$ thì trục có đường kính D_1 sẽ tác dụng lên vật liệu một lực F_1, đồng thời tại điểm tiếp xúc của vật liệu với bề mặt trục sẽ sinh ra lực ma sát T_1. Phân tích hai lực trên thành những lực thành phần theo phương thẳng đứng ta có:

$$F_{1y} = F_1 \sin\alpha_1 \quad (3.83)$$

$$T_{1y} = T_1 \cos\alpha_1 \quad (3.84)$$

Với $T_1 = \mu F_1$

μ - hệ số ma sát giữa vật liệu với bề mặt trục nghiền.

Điều kiện để vật liệu được đẩy vào khe nghiền là:

$$T_{1y} > F_{1y}$$

Hay:

$$\mu F_1 \cos\alpha_1 > F_1 \sin\alpha_1 \quad (3.85)$$

$$\mu > tg\alpha_1$$

Thay: $\mu = tg\alpha_m$

α_m: góc ma sát

Ta có:

$$tg\alpha_m > tg\alpha_1$$

$$\alpha_m > \alpha_1 \quad (3.86)$$

Tương tự như trên với trục nghiền có đường kính D_2 ta cũng thu được:

$$\alpha_m > \alpha_2 \quad (3.87)$$

Gọi h là khoảng cách giữa hai trục nghiền ta có:

$$\cos\alpha_1 = \frac{D_1 + h}{D_1 + D_h} \tag{3.88}$$

$$\cos\alpha_2 = \frac{D_2 + h}{D_2 + D_h} \tag{3.89}$$

Với $D_1 > D_2$ thì $\alpha_1 < \alpha_2$. Giá trị góc α_2 đạt tới giới hạn lớn nhất là: $\alpha_{max} = \alpha_m$ (3.90)

Lúc đó D_2 cũng đạt tới giá trị nhỏ nhất là D_{min} và:

$$\cos\alpha_m = \frac{D_{min} + h}{D_{min} + D_h}$$

Suy ra:

$$D_{min} = \frac{D_h \cos\alpha_m - h}{1 - \cos\alpha_m} \tag{3.91}$$

Với máy nghiền có cùng đường kính trục nghiền $D_1 = D_2 = D$ thì $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ và ta sẽ có chung điều kiện

$$\alpha_m > \alpha \tag{3.92}$$

Và

$$D_{min} = \frac{D_h \cos\alpha_m - h}{1 - \cos\alpha_m} \tag{3.93}$$

Trong thực tế góc α có giá trị từ $32° \div 48°$ tương ứng với hệ số ma sát $\mu = 0{,}3 \div 0{,}45$.

Ngoài ra ta có thể xác định đường kính trục nghiền theo kích thước vật liệu đem nghiền.

- Đối với trục trơn: $D = (18 \div 22)\ D_h$
- Đối với trục gai: $D = (10 \div 12)\ D_h$
- Đối với trục răng: $D = (1{,}5 \div 4{,}5)\ D_h$

Chiều dài trục nghiền được xác định như sau:

$$L = (0{,}5 \div 1{,}3).\ D$$

2. Xác định số vòng quay của trục nghiền

Giả sử khi tiếp xúc với bề mặt trục nghiền vật liệu có vận tốc bằng không. Khi ra khỏi bề mặt trục nghiền dưới tác dụng của lực ma sát $T = \mu F$ vật liệu sẽ chuyển động với gia tốc a và có vận tốc bằng vận tốc dài của bề mặt trục nghiền.

$$v = \frac{\pi . D . n}{60} = a\,\tau \tag{3.94}$$

Gia tốc a có thể được xác định:

$$a = \frac{T}{m} = \frac{F \cdot \mu}{V \cdot \rho} \qquad (3.95)$$

V - Thể tích vật liệu, (m^3)

ρ - Khối lượng riêng của vật liệu nghiền (kg/m^3)

Lực ép F có thể xác định từ quan hệ sau:

$$A = \frac{F\,\Delta L}{2} = \frac{\sigma^2 \cdot V}{2E} \qquad (3.96)$$

ΔL - Quãng đường dịch chuyển của vật liệu có thể xác định bằng hiệu số giữa kích thước vật liệu trước khi nghiền (D_h) và sau khi nghiền (d_h).

$$\Delta L = D_h - d_h,\ m$$

σ - Giới hạn bền của vật liệu N/m^2

E - Môđun đàn hồi của vật liệu N/m^2

Từ phương trình (3.96) ta có:

$$F = \frac{\sigma^2 \cdot V}{E \cdot \Delta L} = \frac{\sigma^2 \cdot V}{E(D_h - d_h)} \qquad (3.97)$$

Thời gian để vật liệu chuyển dịch được đoạn đường ΔL chính là thời gian khi trục nghiền quay được một góc α (góc ôm).

$$\tau = \frac{60}{n} \cdot \frac{\alpha}{360},\ s \qquad (3.98)$$

Thay các giá trị trên vào phương trình (3.94) ta có:

$$\frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} = \frac{\sigma^2 \cdot V \cdot \mu}{E\,(D_h - d_h)} \cdot \frac{1}{V \cdot \rho} \cdot \frac{60}{n} \cdot \frac{\alpha}{360} \qquad (3.99)$$

Hay:

$$n = 1{,}78\sqrt{\frac{\sigma^2 \cdot \mu \cdot \alpha}{E \cdot \rho \cdot D\,(D_h - d_h)}},\ v/ph \qquad (3.100)$$

Có thể sử dụng công thức thực nghiệm của Levenson L.B để xác định số vòng quay của trục nghiền:

$$n \le 616\sqrt{\frac{\mu}{\rho g \cdot D \cdot D_h}},\ v/ph \qquad (3.101)$$

μ - hệ số ma sát của vật liệu với bề mặt trục

ρ - khối lượng riêng của vật liệu nghiền - kg/m^3

g - gia tốc rơi tự do - m/s^2

D - đường kính trục nghiền, m

D_h - đường kính vật liệu trước khi nghiền - m

3. Xác định năng suất và công suất của máy

Sản phẩm đi ra khỏi máy nghiền là dòng liên tục với mặt cắt có chiều dài bằng chiều dài trục nghiền L và có chiều rộng bằng khe hở giữa hai trục h, với vận tốc v bằng vận tốc dài của trục nghiền.

Khi đó năng suất thể tích sẽ là:

$$Q = h \,.\, L \,.\, v\,, \quad m^3/s \tag{3.102}$$

Nếu tính tới thực tế dòng vật liệu là không liên tục, trong công thức (3.102) cần có thêm hệ số phá vỡ vật liệu k. Nếu biểu diễn vận tốc dài:

$$v = \frac{\pi D \,.\, n}{60}$$

Ta có:

$$Q = \frac{h \,.\, L \,.\, \pi D \,.\, n \,.\, k \,.\, 360}{60}\,, \quad m^3/h \tag{3.103}$$

Hay: $$Q = 188{,}4 \,.\, L \,.\, h \,.\, D \,.\, n \,.\, k \,.\, \rho \,.\, g\,, \quad t/h \tag{3.104}$$

L, D - chiều dài và đường kính trục nghiền - m

h - khoảng cách khe hở giữa hai trục - m

n - số vòng quay của trục nghiền - v/ph

ρ - khối lượng riêng của vật liệu, T/m^3

k - hệ số phá vỡ vật liệu

Đối với vật liệu cứng $k = 0{,}2 \div 0{,}3$

Đối với vật liệu mềm $k = 0{,}5 \div 0{,}6$

Công suất máy có thể xác định theo công thức của Levenson LB

$$N = \frac{0{,}736 \,.\, L \,.\, D \,.\, n}{26.000}\left(\frac{D_h}{2} + \frac{D^2}{24.000}\right), \quad (kW) \tag{3.105}$$

L, D - chiều dài, đường kính trục nghiền - cm

n - số vòng quay trục nghiền - v/ph

D_h - đường kính vật liệu trước khi nghiền - cm

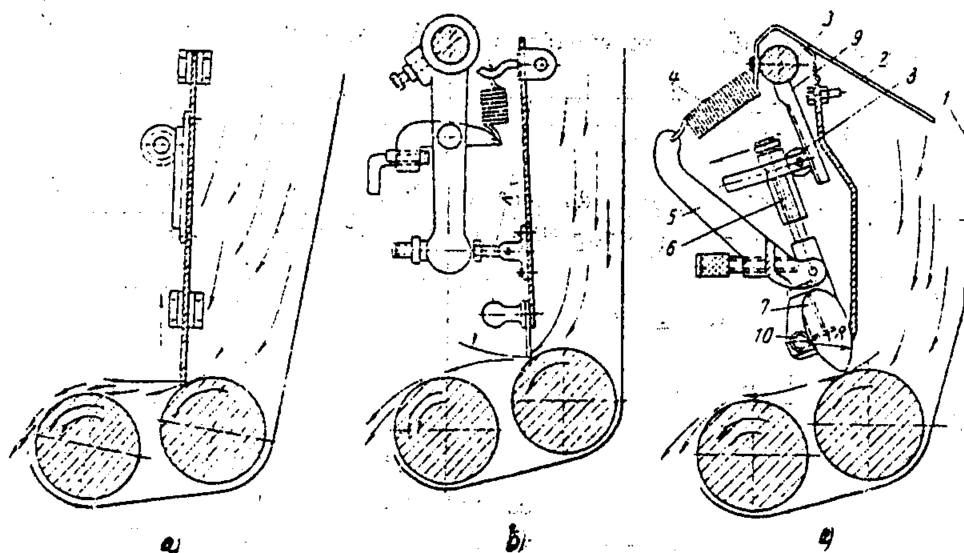
Romadin V.P cũng đề nghị công thức thực nghiệm để xác định công suất máy nghiền như sau:

$$N = 0{,}1 \,.\, i \,.\, Q\,, \quad (kW) \tag{3.106}$$

i - mức độ nghiền

4. Bộ phận nhập liệu

Để rải vật liệu lên cặp trục nghiền thành một lớp mỏng đều, đạt hiệu quả nghiền cao thường dùng cặp trục rải liệu và các van điều chỉnh chiều dày lớp vật liệu trên trục rải liệu. Cặp trục rải liệu và van chắn liệu được lắp ngay dưới hộp nhập liệu. Van chắn liệu có nhiều kiểu khác nhau và có thể điều chỉnh tự động hoặc không tự động trong quá trình nhập liệu.



Hình 3.23. Van chắn liệu và cặp trục rải liệu
a) không tự động điều chỉnh; b) c) tự động điều chỉnh

Trên hình 3.23a là sơ đồ nguyên lý của lá chắn không tự động điều chỉnh. Để có được khe hở cần thiết cho vật liệu chuyển động qua trục rải liệu, quay bánh răng 1 sẽ nâng hoặc hạ thanh răng 2 gắn với lá chắn 3; khe hở được điều chỉnh bằng tay trước hoặc trong khi đang nhập liệu.

Trên hình 3.23b là kiểu van chắn tự động điều chỉnh, khi hộp chứa đầy vật liệu, áp suất của vật liệu lên van chắn 1 tăng, đẩy van 1 quay quanh chốt xoay 2 theo chiều kim đồng hồ. Móc 3 cũng bị quay theo kéo căng lò xo tạo lực kéo làm cần ép 5 xoay quanh chốt 4 theo chiều ngược kim đồng hồ và ép van chắn 1 quay về vị trí ban đầu.

Trên hình 3.23c là loại van chắn tự động có tác dụng tốt. Lượng vật liệu chuyển động ra từ hộp chứa xuống nhiều hay ít làm thay đổi áp lực lên lá chắn 2 gắn với trục quay 3, lá chắn 2 xoay tác dụng lên lò xo 4, lò xo này kéo cần 5 và truyền lực đẩy tiếp tới van chắn 7 ép chắn bớt dòng vật liệu đang chuyển động xuống.

Dòng vật liệu chuyển động qua van chắn được cặp trục rải liệu rải thành lớp mỏng đều lên cặp trục nghiền. Muốn cặp trục nghiền hoạt động có năng suất phù hợp nhất cần cấp liệu sao cho dòng vật liệu rơi xuống không tiếp xúc với trục quay nhanh và có vận tốc xấp xỉ bằng vận tốc vòng của trục quay chậm.

Để tính toán ta bỏ qua lực cản của không khí. Xét quĩ đạo rơi của một hạt vật liệu rời bề mặt trục cấp liệu tại điểm M (hình 3.24) ứng với điều kiện lực quán tính ly tâm bằng

thành phần hướng tâm của trọng lượng hạt

$$m\omega^2 r = G \sin\alpha \quad (3.107)$$

Thay $\sin\alpha = A/r$ và $G = mg$ ta có:

$$m\omega^2 r = \frac{A}{r} . mg \quad (3.108)$$

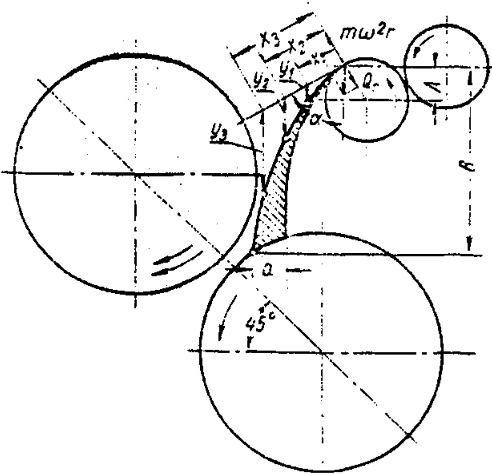
Từ đó tung độ của điểm M so với tâm trục rải liệu được xác định theo biểu thức sau:

$$A = \frac{\omega^2 r^2}{g} = \frac{v^2}{g} \quad (3.109)$$

Cũng từ điểm M (với tung độ A đã được **xác định**) lập phương trình quĩ đạo rơi của hạt theo tọa độ xiên x - y; x theo phương tiếp tuyến với trục rải liệu tại M còn y theo phương thẳng đứng.

$$x = vt \text{ ; với } v = \sqrt{Ag} \quad (3.110)$$

$$y = \frac{1}{2} gt^2 \quad (3.111)$$



Hình 3.24: Quĩ đạo rơi của hạt từ cặp trục rải liệu xuống cặp trục nghiền.

Giải đồng thời hai phương trình trên ứng với các thời gian t_o, t_1, t_2... được các cặp giá trị x_o, y_o; x_1, y_1; x_2, y_2... Qua các cặp giá trị này ta vẽ được quĩ đạo rơi của hạt từ cặp trục rải liệu xuống cặp trục nghiền theo đường parabol và nhờ đó để kết cấu máy sao cho hạt rơi xuống không đụng vào trục quay nhanh mà rơi vào trục quay chậm.

Vận tốc cuối của hạt nghĩa là vận tốc khi hạt đến vùng nghiền được tính gần đúng theo công thức sau:

$$v_c = v_o + \sqrt{2gB}, \text{ m/s} \quad (3.112)$$

Trong đó:

- v_o : vận tốc vòng trên trục rải liệu, m/s
- B : chiều cao rơi của hạt, m
- g : gia tốc rơi tự do; g = 9,81 m/s^2

Trong điều kiện sản xuất cặp trục rải liệu không cung cấp một hạt mà cung cấp một lớp hạt mỏng nên có thể lấy tăng giá trị v_o. Trục rải liệu còn được tiện rãnh theo đường chu vi trục để rải được lớp hạt đều đặn.

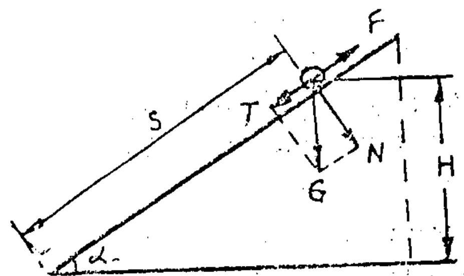
Trường hợp dùng máng dốc để nhập liệu như hình 3.25 ta cần xác định vận tốc cuối của hạt khi trượt hết máng dốc L cần thiết để đảm bảo vận tốc của hạt v bằng vận tốc vòng trên trục nghiền quay chậm.

Xét một hạt có trọng lượng G nằm trên mặt phẳng nghiêng so với mặt phẳng ngang

một góc là α sẽ có hai xu hướng: trượt theo mặt dốc nếu thành phần lực T = G$\sin\alpha$ lớn hơn lực ma sát $F = \mu N = \mu G\cos\alpha$ hoặc đứng yên nếu F > T.

Để cấp liệu theo mặt phẳng nghiêng được, cần có T > F; $G\sin\alpha > \mu G\cos\alpha$ hay $tg\alpha > tg\alpha_m$; $\alpha > \alpha_m$, nghĩa là góc nghiêng của máng dốc phải lớn hơn góc ma sát giữa hạt và vật liệu làm máng.

Vận tốc cuối của hạt khi trượt hết chiều dài L của máng dốc được xác định theo phương trình



Hình 3.25: Nhập liệu bằng máng dốc

$$\frac{G}{g}\left(\frac{v^2 - v_o^2}{2}\right) = GH - FL \qquad (3.113)$$

thay $F = \mu G\cos\alpha$, $L = \dfrac{H}{\sin\alpha}$ ta được:

$$\frac{G}{2g}(v^2 - v_o^2) = GH - \mu G\cos\alpha \cdot \frac{H}{\sin\alpha}$$

$$v^2 - v_o^2 = 2gH(1 - \mu \cot g\alpha)$$

$$\text{Vậy } v = \sqrt{2gH(1 - \mu \cot g\alpha + v_o^2)}, \quad m/s \qquad (3.114)$$

Nếu xem vận tốc đầu của hạt khi bắt đầu trượt trên máng dốc nhập liệu bằng không ($v_o = 0$) thì

$$v = \sqrt{2gH(1 - \mu \cot g\alpha)}, \ m/s \qquad (3.115)$$

Nếu chọn trước vận tốc cuối của hạt bằng vận tốc vòng trên trục nghiền quay chậm thì cần xác định chiều dài L của máng dốc để đảm bảo vận tốc cuối đó.

$$L = \frac{v^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}, \quad m \qquad (3.116)$$

5. Trục nghiền và điều chỉnh khe hở cặp trục nghiền

Trục nghiền thường được đúc bằng gang đặc biệt (C: 3,2 ÷ 3,7%; Si: 0,4 - 0,7%; Mn: 0,2 - 0,8%; P: 0,5%; S: 0,14%; Ni: 0,25%) có độ cứng bề mặt cao với HB 370 - 450. Với các trục nghiền cần độ cứng trên bề mặt cao hơn (HB 500) sẽ được chế tạo gồm hai lớp: phần lõi là gang xám, còn vỏ ngoài là hợp kim Crôm Niken (C: 3,7%; Si: 0,25%; Mn: 0,3%; P: 0,15%; Cr: 0,4% và Ni: 2%).

Ngoài yêu cầu về độ cứng của bề mặt trục nghiền, để đảm bảo gia công được các loại vật liệu cứng, trục còn phải có độ bền uốn cao, nghĩa là độ võng lớn nhất của trục nghiền

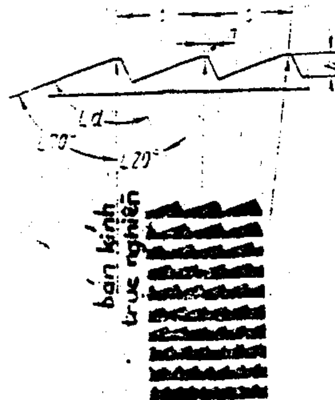
không được lớn hơn 0,01mm ($y_{max} \leq$ 0,01mm). Có như vậy trục mới hoạt động đều trên suốt bề mặt và chiều dài trục.

Để tăng độ cứng vững cho trục nghiền người ta thường chế tạo một trục lõi bằng thép Ct xuyên suốt qua trục nghiền bằng gang hoặc trục lõi được chia thành hai nửa lắp ép vào hai đầu của trục nghiền.

Nếu trong quá trình nghiền phát sinh nhiều nhiệt mà nhất thiết phải làm nguội trục nghiền thì trục nghiền được chế tạo rỗng để dẫn nước vào làm nguội. Người ta cũng có thể làm trục nghiền rỗng nhưng không để dẫn nước làm nguội mà nhằm làm giảm trọng lượng trục khi đã đủ độ cứng vững.

Ngoài các trục nghiền có bề mặt nhẵn với độ bóng cao, độ nhấp nhô cho phép trong giới hạn 0,025 - 0,05 μm còn có các trục nghiền xẻ rãnh nghiêng 2 - 10° so với đường sinh của mặt trụ trục nghiền. Profil của rãnh tạo góc vuông với góc nhọn 20°, góc lưng 70°, và góc mài dao 90° (hình 3.26). Các kích thước của rãnh cho ở bảng 3.6.

Một số loại máy nghiền trục hiện đại có cơ cấu điều chỉnh khoảng cách giữa hai trục nghĩa là điều chỉnh khe hở nghiền để phù hợp với cỡ hạt vật liệu đem nghiền, đáp ứng được mức độ nghiền cần thiết. Cơ cấu điều chỉnh thường đặt lên một trục, gồm nhiều loại từ đơn giản đến phức tạp, từ điều chỉnh thô đến điều chỉnh tinh. Loại cơ cấu đơn giản thường gặp là cơ cấu điều chỉnh vít-êcu. Êcu được gắn chặt lên thân máy, còn vít gắn ở ổ đỡ trục. Khi quay vít do êcu cố định, vít phải dịch chuyển kéo theo ổ đỡ trục làm thay đổi khoảng cách giữa hai trục.



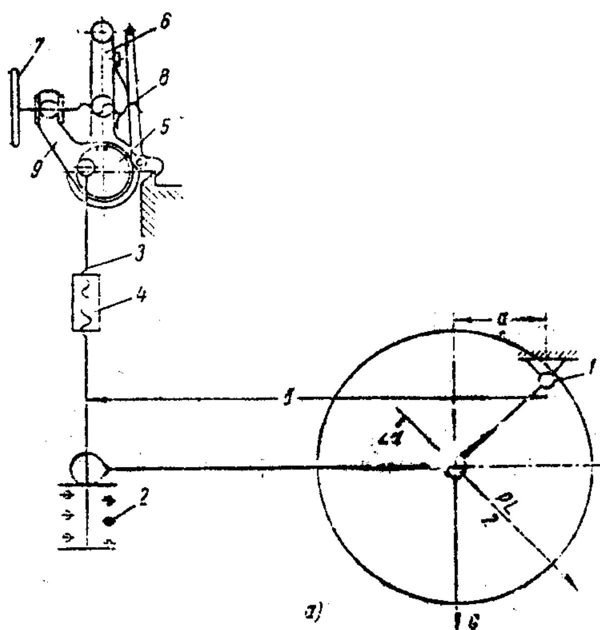
Hình 3.26: Profil của rãnh trên mặt trục nghiền

Bảng 3.6. Các kích thước của rãnh

Số rãnh trên 25mm chu vi trục	Kích thước rãnh, μm		
	bước rãnh t	chiều rộng đỉnh n	độ sâu rãnh h
10	2500	100	772
12	2084	100	638
14	1785	100	542
16	1563	100	470
18	1389	100	414
20	1250	100	370
22	1136	100	333
24	1042	100	303
26	962	100	277
28	893	100	255

Cơ cấu điều chỉnh khe hở hoàn thiện hơn được mô tả trên hình 3.27. Trục cố định có cặp ổ đỡ gắn cố định lên giá máy. Mỗi ổ đỡ của trục di động có một bên treo vào giá máy tại điểm 1, còn bên kia được tì lên lò xo 2 mà lò xo này được treo bằng 2 thanh kéo 3 cùng lắp với cơ cấu tăng 4. Qua hai cơ cấu tăng 4 đỡ hai ổ trục của trục di động ta điều chỉnh được độ song song với trục cố định bằng cách xoay cơ cấu tăng 4 để rút ngắn hoặc kéo dài thanh kéo 3 nhằm nâng hoặc hạ một ổ đỡ trục so với ổ đỡ đầu trục kia.

Ngoài khả năng điều chỉnh độ song song của cặp trục nghiền, cơ cấu này còn cho phép điều chỉnh thô và điều chỉnh tinh (từ 0,005 đến 0,01mm) khe nghiền. Hai hệ thanh kéo 3 được gắn lệch tâm lên trục xoay 5, còn hai đầu trục quay trơn trong hai ổ lắp trên hai thành bên của máy. Trên trục 5 còn có hai cần 6 và 9. Cần 6 dùng điều chỉnh thô và gài chốt với trục 5 và có móc nối với thân máy. Ngoài ra trên cần 6 còn



Hình 3.27: Cơ cấu điều chỉnh khe hở các trục nghiền

có êcu của vít chỉnh tinh 8 gắn cố định với cần 9 và được chuyển động từ tay quay 7. Cần 9 cũng cài then với trục 5 điều chỉnh thô khoảng cách khe nghiền thì nhả móc nối với thân máy và xoay tay gạt 6 sang phải hoặc trái, cần 9 cũng xoay theo cùng trục 5 sang phải hoặc trái, kéo hệ thanh kéo 3 lên hoặc xuống để mở rộng hoặc giản khe nghiền. Đạt yêu cầu điều chỉnh thô thì gài móc nối với thân máy lại. Khi điều chỉnh tinh phải rút chốt gài giữa cần gạt 6 với trục 5, lúc này cận 6 cố định cùng thân máy nhờ móc nối. Quay tay quay 7 làm vít chỉnh tinh 8 di động (so với êcu lắp trên cần 6 cố định) kéo theo cần 9 quay làm trục 5 quay và nâng hoặc hạ hệ thanh kéo 3, nhờ vậy dịch chỉnh tinh được khoảng cách khe nghiền. Cần gạt 6 và tay quay 7 có thể thao tác thủ công hoặc tự động qua các cơ cấu truyền động cơ giới.

Lò xo 2 dùng để đề phòng quá tải cho cặp trục nghiền khi có vật liệu nghiền quá tải hoặc quá to đi vào khe nghiền. Để tránh quá tải, khe nghiền phải tự nới rộng ra nhờ có đàn hồi của lò xo 2. Sau khi hết quá tải cũng chính nhờ lò xo 2 đưa trục di động về vị trí cũ, ứng với khoảng cách khe nghiền thích hợp.

Tính toán bền cho các cơ cấu điều chỉnh dựa vào lực lớn nhất xuất hiện trên lò xo 2 là F_{max}. Sức căng sơ bộ của lò xo 2 để khắc phục áp lực của lớp hạt và trọng lượng bản thân của trục nghiền.

$$\Delta h'C = \frac{FL\sin\alpha + G}{2} \cdot \frac{a}{b} \tag{3.117}$$

Trong đó:

F: là lực cực đại dùng để nghiền, tính bằng N trên 1mm chiều dài trục nghiền;

L: chiều dài trục nghiền, mm

G: trọng lượng trục nghiền, N

a, b: độ dài các cánh tay đòn so với điểm đỡ cố định 1;

α: góc nghiêng tạo bởi phương nằm ngang và phương nối hai tâm của cặp trục nghiền;

$\Delta h'$: độ biến dạng của lò xo khi nghiền, mm;

C: độ cứng của lò xo 2, N/mm

Trong quá trình nghiền đôi khi có các cục vật liệu có kích thước (D_{max}) lớn hơn khoảng cách khe nghiền (δ). Để nghiền được, trục di động phải được đẩy ra tạo một biến dạng $\Delta h''$ của lò xo 2.

Độ biến dạng của lò xo lúc này được xác định bằng biểu thức:

$$\Delta h'' = \delta_{max} \cdot \frac{a}{b} \tag{3.118}$$

Như vậy lực do mỗi lò xo sinh ra làm cơ sở tính bền cho các chi tiết của cơ cấu điều chỉnh.

$$F_{max} = (\Delta h' + \Delta h'')\, C;$$

$$F_{max} = \frac{a}{b}\left(\frac{FL\sin\alpha + G}{2} + \delta_{max}C\right) \quad (3.119)$$

3.2.4. Máy nghiền búa

3.2.4.1. Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động

Vật liệu trong máy nghiền búa được nghiền nhỏ do sự va đập của búa vào vật liệu và chà xát vật liệu giữa búa và thành máy. Các hạt vật liệu sau khi nghiền có kích thước nhỏ hơn lỗ lưới phân loại sẽ đi ra ngoài, các hạt có kích thước lớn hơn lỗ lưới phân loại sẽ được tiếp tục nghiền.

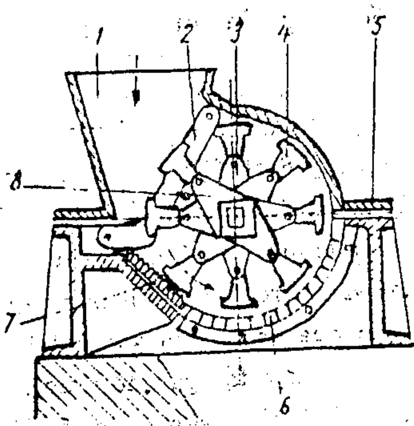
Các máy nghiền có số lượng búa nhỏ, trọng lượng búa G = 200 ÷ 700N, rôto quay với vận tốc v = 15 ÷ 25m/s thường được dùng để nghiền thô và đạt sản phẩm có kích thước $d_h \geq 20$mm.

Các máy nghiền có trọng lượng mỗi búa G = 30 ÷ 50N, vận tốc vòng v = 25 ÷ 60 m/s dùng để nghiền mịn và đạt sản phẩm có kích thước d_h = 1 ÷ 5mm.

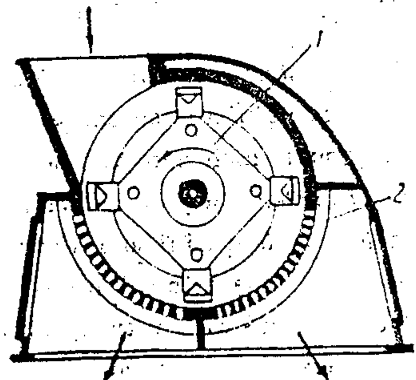
Các máy nghiền có trọng lượng mỗi búa G = 5 ÷ 10N và vận tốc vòng v = 100 m/s sẽ đạt sản phẩm có kích thước d_h = 10 ÷ 100 μm.

Tùy theo cỡ vật liệu đem nghiền, cỡ sản phẩm yêu cầu và căn cứ vào độ cứng của vật liệu, vào yêu cầu tháo và vận chuyển sản phẩm... để chọn loại máy nghiền thích hợp, sao cho đạt năng suất cao mà chi phí năng lượng lại thấp. Do đó đã có nhiều loại máy nghiền có kết cấu khác nhau từ đơn giản đến phức tạp đã được chế tạo.

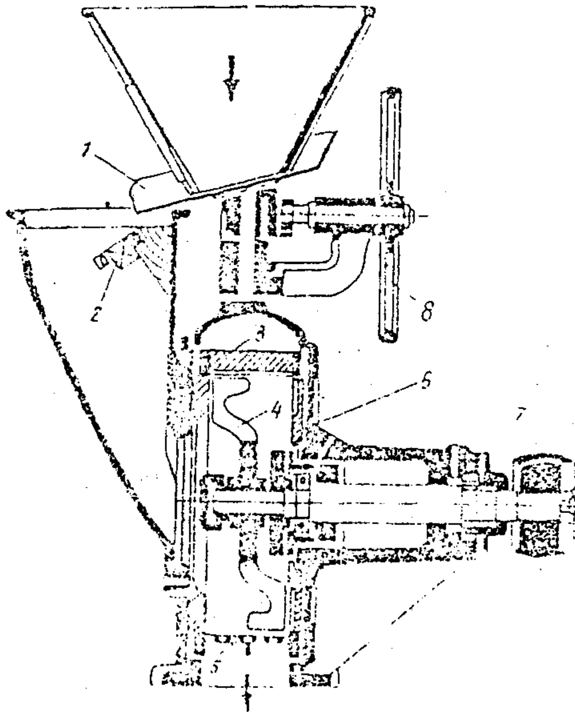
Máy nghiền búa loại nghiền thô và trung bình được mô tả trên hình 3.28 và 3.29. Ở



Hình 3.28: Máy nghiền búa nghiền thô và trung bình có má nghiền phụ
1. Phễu nạp liệu; 2. Ghi; 3. Trục; 4. Búa; 5. Nắp máy; 6. Lưới sàng; 7. Má nghiền phụ; 8. Đĩa treo



Hình 3.29: Máy nghiền búa nghiền thô và trung bình có lưới thay đổi được.
1. Đĩa treo búa; 2. Lưới sàng

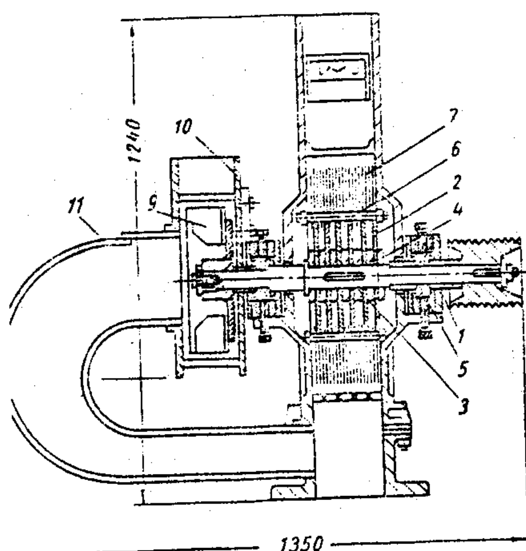


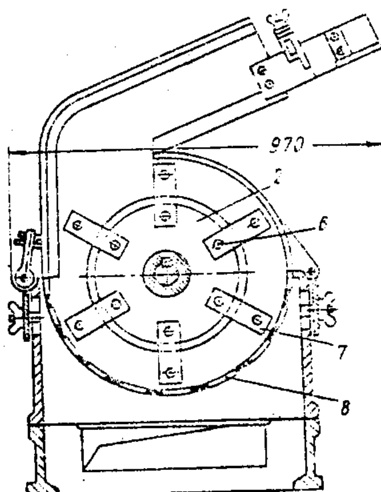
Hình 3.30: Máy nghiền mịn loại búa đúc nạp liệu chiều trục
1. Phễu nạp liệu; 2. Nam châm; 3. Tấm đập; 4. Búa nghiền; 5. Lưới tháo sản phẩm; 6. Vách nghiền; 7. Bánh đai; 8. Tay quay.

máy nghiền búa có má nghiền phụ (hình 3.28) có lắp thêm một má nghiền 7 trên thành trong vỏ máy làm tăng khả năng phá vỡ vật liệu dưới tác dụng va đập của búa và tác dụng chà xát của má nghiền. Má nghiền phụ được đặt ngay dưới ghi 2 ở vị trí cửa nạp liệu 1. Ghi 2 có nhiệm vụ phân phối vật liệu đều theo chiều rộng máy, hạn chế bớt khả năng vật liệu ngược lên khi búa đập. Trên trục quay 3 có lắp có các đĩa treo búa 8 cách đều và lệch đều một góc. Trên mỗi đĩa 8 có treo hai búa 4, các hàng búa này đập trên các mặt phẳng qua các khe ghi 2 theo suốt bề rộng của máy. Vật liệu sau khi được nghiền đủ nhỏ sẽ lọt qua lưới 6 ra khỏi máy, còn các cục to chưa lọt được sẽ đập tiếp cho đến khi đủ nhỏ chui qua lọt lưới 6 mới thôi. Nắp búa 5 tháo mở được để thay lưới hoặc thay búa.

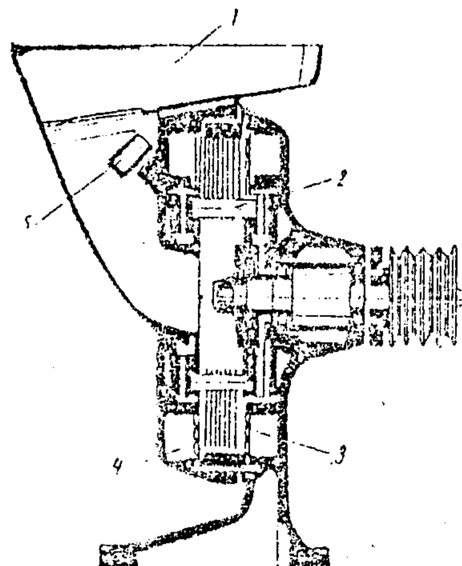
Một kiểu máy nghiền khác cùng loại (hình 3.29) cũng nạp liệu tiếp tuyến theo chiều quay của búa, nhưng lưới sàng 2 thay đổi được để vừa dùng nghiền thô (lỗ lưới sàng to) vừa dùng để nghiền trung bình khi đã thay đổi lưới sàng có cỡ lỗ nhỏ. Đĩa treo búa 1 có 4 chốt treo búa và các búa nghiền được treo gần nhau suốt chiều rộng của máy nghiền. Số vòng quay của rôto trong khoảng 400 - 1000 vòng/ph, vận tốc vòng của rôto đạt tới 40 m/s và mức độ nghiền bằng 10-15.

Máy nghiền mịn loại búa đúc nạp liệu theo chiều trục được trình bày trên hình 3.30. Vật liệu đem nghiền được cho vào máy qua phễu 7 có tay quay 8 để điều chỉnh việc nạp liệu theo năng suất thích hợp. Vật liệu đem nghiền được chảy thành lớp qua nam châm 2 để tách vụn sắt trước khi chảy vào khoang nghiền. Búa nghiền 4 được đúc thành dạng sáu hoặc tám cánh, trên hai đầu cánh đối xứng được uốn cong về hai vách trong của khoang nghiền để vừa thực hiện quá trình đập của đầu cánh vừa thực hiện quá trình chà xát vật liệu nằm giữa đầu cánh với vách 6 trong khoang nghiền. Các vách này được tạo gân để tăng hiệu quả chà xát. Trong khoang nghiền còn gắn thêm tấm đập 3 và lưới tháo sản phẩm 5. Trục lắp búa nghiền được truyền chuyển động quay từ động cơ qua bánh đai 7. Kích thước vật liệu trước khi nghiền có thể tới 40 mm và bột nghiền đạt 0,25 mm. Trục lắp búa quay 1800 - 2700 vòng/ph, cần công suất khoảng 10 kw. Máy nghiền loại búa đúc này dùng thích hợp để nghiền hạt, các loại củ, rễ, các loại xương và các hóa chất.





Hình 3.31 Máy nghiền búa chữ nhật có lưới sàng lắp phía đầu búa.
1 - Trục máy; 2 - Đĩa treo búa; 3 - Vòng đệm; 4 - Vỏ máy; 5 - Ổ đỡ trục; 6 - Chốt treo búa; 7 - Búa chữ nhật; 8 - Lưới sàng; 9 - quạt; 10 - Ống đẩy; 11 - Ống hút.



Hình 3.32. Máy nghiền búa chữ nhật có lưới sàng lắp hai bên búa.
1. Phễu nạp liệu; 2 - Chốt treo búa; 3 - Lưới sàng; 4 - Khoang dẫn bột; 5 - Nam châm.

Máy nghiền búa chữ nhật có quạt tháo sản phẩm là loại dùng phổ biến trong ngành chế biến lương thực và thức ăn gia súc. Máy nghiền búa chữ nhật có lưới sàng lắp phía đầu búa (hình 3.31), trên trục chính 1 của máy ngoài các đĩa treo búa 2 dùng để lắp các chốt treo búa 6 và các búa chữ nhật 7 đặt trong khoang nghiền còn lắp quạt 9 trên đầu trục nằm ngoài khoang nghiền để vận chuyển bộ nghiền.

Sau khi bột được nghiền nhỏ được quạt 9 hút qua lưới sàng 8 vào ống hút 11 rồi tiếp tục được thổi qua ống đẩy 10 vào xylon tách sản phẩm. Loại máy nghiền búa có lưới sàng lắp hai bên búa được mô tả trên hình 3.32. Dưới phễu nạp liệu 1 của máy cũng có nam châm tách vụn sắt 5 như ở đa số máy khác. Trên đĩa treo búa có thể lắp bốn, sáu hoặc tám chốt treo búa 2 để treo các búa chữ nhật có một hoặc hai lỗ treo búa. Lưới sàng 3 dùng để lấy bột nghiền ở máy này là hai tấm tròn khoan lỗ đặt hai bên của các hàng búa đập tạo thành khoang nghiền. Các búa quay với vận tốc vòng khá lớn để đập vỡ vật liệu đem nghiền, đồng thời tạo ra sức thổi đủ lớn để đẩy bột nghiền nhỏ chui qua lưới 3 vào hai khoang rỗng 4 trong vỏ máy. Hai khoang rỗng này được đúc theo hình vỏ quạt để đẩy luồng gió mang bột ra theo đường tiếp tuyến với khoang. Máy có đường kính khoang nghiền từ 400 mm đến 800 mm, vận tốc quay của rôto từ 4000 vòng/ph đến 2200 vòng/ph, cỡ lỗ lưới 0,05 - 1 mm, năng suất đạt khoảng 50 - 3000 kg/h và công suất tiêu tốn từ 10 - 30 kW.

3.2.4.2 Tính toán máy nghiền búa

(1) Xác định vận tốc vòng của búa và kích thước rôto:

Búa nghiền cần được quay với vận tốc lớn để tạo ra động năng va đập lớn. Dựa vào định luật cân bằng năng lượng ta có:

$$m\,(v_2 - v_1) = F\,\tau \qquad (3120)$$

Trong đó

m: khối lượng hạt vật liệu nghiền, kg

v_1: vận tốc vật liệu khi tiếp xúc với búa nghiền, m/s.

v_2: vận tốc vật liệu sau khi va đập, m/s

F : lực đập trung bình, tức thời, N

τ : thời gian va đập, s.

Giả thiết vận tốc ban đầu của vật liệu $v_1 = 0$ và vận tốc v_2 bằng vận tốc nhỏ nhất của búa có thể đập vỡ hạt vật liệu. Vậy:

$$m v_{min} = F\tau$$

hay
$$v_{min} = \frac{F\tau}{m}\ \text{m/s} \qquad (3.121)$$

Đường kính rôto của máy nghiền có nhập liệu theo phương thẳng đứng được xác định bằng quan hệ sau:

$$D_r = 3D_h + 500\ ,\ \text{mm} \qquad (3.122)$$

với D_h là đường kính lớn nhất của hạt vật liệu trước khi nghiền.

Đường kính rôto của máy nghiền nhập liệu theo phương tiếp tuyến:

$$D_r = 1{,}85\,D_h + 520,\ \text{mm} \qquad (3.123)$$

Chiều rộng của rôto

$$B_r = (0{,}8 \div 1{,}5)\,D_r \qquad (3.124)$$

Chiều dài búa nghiền

$$L = (0{,}4 \div 0{,}5)\,D_r/2 \qquad (3.125)$$

(2) Xác định năng suất và công suất của máy

Năng suất thực tế của máy nghiền búa phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, do đó thông thường xác định bằng phương pháp thực nghiệm. Có thể sử dụng công thức sau đây để ước tính năng suất thể tích của máy nghiền búa:

Nếu: $D_r > B_r$ thì $Q = 100\,D_r^2\,B_r\,n / 1000,\quad m^3/h$ (3.126)

$D_r < B_r$ thì $Q = 100\,D_r^2\,B_r^2\,n / 1000,\quad m^3/h$ (3.127)

Với D_r : đường kính rôto, m

B_r : Chiều rộng rôto, m

n : số vòng quay của rôto, vòng/ph

Đối với quá trình nghiền mịn

$$Q = 0{,}06\,KB_rZ\,v^2 n\,\rho g\ ,\quad t/h \qquad (3.128)$$

trong đó

k: hệ số phụ thuộc vào tính chất của vật liệu nghiền

B_r : chiều rộng rôto, m

Z : số hàng búa trên rôto,

v : vận tốc vòng ở đầu búa, m/s;

n : số vòng quay của rôto, v/ph;

ρ : khối lượng riêng của vật liệu nghiền, t/m^3

Đối với vật liệu mềm và trung bình, năng suất của máy nghiền có thể xác định theo công thức

$$Q = \frac{K_o B_r D_r^2 n^2}{3600(i-1)}, \quad T/h \tag{3.129}$$

với K_o : hệ số phụ thuộc vào kết cấu máy

D_r, B_r : đường kính và chiều rộng rôto, m

n : số vòng quay của rôto, v/ph

i : mức độ nghiền

Công suất máy nghiền được xác định như sau: Trong máy nghiền búa động năng của búa nghiền biến thành công phá vỡ vật liệu. Động năng của búa được tính:

$$E_1 = \frac{i'mv^2}{2}, \quad Nm \tag{3.130}$$

trong đó:

i' : số búa trên rôto

m : khối lượng một búa, kg.

v : vận tốc vòng ở đầu búa, m/s

Thực chất chỉ một phần công trên biến thành công có ích để nghiền vật liệu và công đó được tính như sau:

$$E = KE_1 = \frac{Ki'mv^2}{2}, \quad Nm \tag{3.131}$$

Với K là hệ số phụ thuộc vào vận tốc vòng của búa nghiền và có các giá trị sau:

v; m/s	17	23	30	40
k	0,285	0,130	0,039	0,020

Từ đó công suất máy nghiền búa được xác định

$$N = \frac{E}{\tau} = \frac{En}{60} = \frac{Ki'mv^2 n}{120}, \quad W \tag{3.132}$$

Bảng 3.7: Một số đặc tính của máy nghiền búa Hosokawa

Mã số máy		H.12	H.15	H.18	H.24
Động cơ, kW		2,2 - 3,7	3,7 - 5,5	7,5 - 11	22 - 33
Số vòng quay rôto/ph		2800	2500	2000	1500
Số lượng búa (cái)	Loại T	20	24	28	24
	Loại bằng	20/40	24/48	28/56	52
	Lloại dao	40	48	56	52
Kích thước tối đa của nhập liệu,mm		40	50	80	90
Kích thước bao của máy: (mm)	Rộng	705	850	950	1100
	Dài	1204	1390	1565	1260
	Cao	1570	1790	2150	1213
Đường kính rôto, mm		250	300	350	-
Khối lượng máy, kg		290	430	800	1300

Bảng 3.8: Một số ứng dụng máy nghiền búa

Vật liệu	Số vòng quay rôto	Năng suất kg/h	Kích thước nhập liệu	Kích thước sản phẩm
Lactose	1000	230	Khối to	tr.b.10-20 Mesh
Lactose	2500	640	Cục 30 mm	tb.b 1mm
Gluten	3400	150	Bánh	80 Mesh
Bột màu	3500	50	Bánh, ướt 50 mm	tr.b 100 Mesh
Thuốc nhuộm	3500	200	Bánh,ướt 50 mm	1mm
Muối	3500	1500	Khối to	Hạt rời
Nhựa phenolic	1500	200	30 x 60mm	10-100μ
Bột cá khô	1500	100	Cá sardin	5mm
Glucose	2900	350	20-30Mesh	60-100 Mesh
Dược thảo	1450	50	50 x 10 mm	3-5 mm
Urea	2000	700	3 mm	15-20 μ
Sulfat magne	200	700	80% 32 Mesh	32 Mesh
Oxit kẽm	2800	400	25 x 30 mm	tr .b 100 Mesh
Phụ gia cao su	2500	300	30-40 mm	2 mm

3.2.5 Máy nghiền răng:

3.2.5.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động.

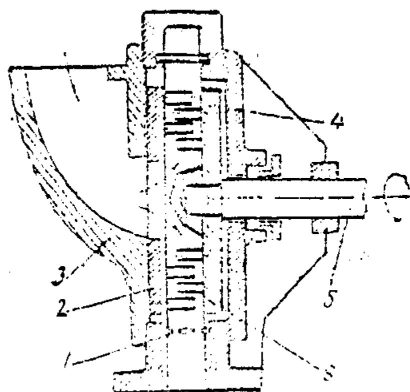
Quá trình nghiền trong máy nghiền răng cũng là do tác dụng va đập của các răng với vật liệu đem nghiền như ở máy nghiền búa. Do đó máy này thường được xếp cùng loại với máy nghiền búa, dùng để nghiền mịn hoặc rất mịn, nhưng loại máy nghiền răng không có lưới sàng. Máy nghiền răng không những được dùng nhiều trong ngành lương thực, thực phẩm mà còn được dùng cả trong ngành chế biến thức ăn gia súc (nghiền xương, vỏ sò, muối khoáng...) và trong các ngành hóa chất và luyện kim. Trong sản xuất thường dùng hai loại máy nghiền răng sau:

(1) loại có một rôto

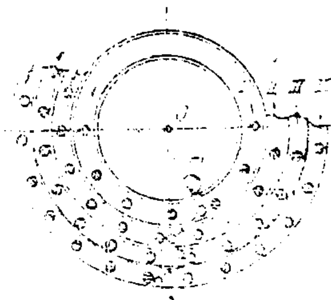
(2) loại có hai rôto

Ở cả hai loại này gồm cấu tạo loại có lưới sàng và không có lưới sàng.

Máy nghiền răng loại một rôto quay và có lưới sàng được trình bày trên hình 3.33. Trên trục quay 5 của máy lắp rôto 4 mà trên rôto này có lắp các dãy răng nghiền 6 thành các vòng tròn đồng tâm. Các răng càng xa tâm quay thì bước răng càng giảm. Đối diện với rôto 4 là đĩa răng cố định 2 lắp với vỏ máy 3. Trên đĩa răng cố định cũng lắp các răng 6 thành các vòng tròn đồng tâm có bước không đổi. Các vòng răng trên đĩa cố định nằm xen giữa các vòng răng trên rôto quay 4. Số răng và số vòng răng thay đổi tùy theo từng loại máy với các yêu cầu công nghệ cụ thể khác nhau. Vật liệu đem nghiền nạp vào qua miệng nạp liệu theo chiều trục, khi rơi vào vòng răng thứ nhất được đập văng sang vòng răng thứ hai của đĩa đối diện, rồi bị văng tiếp sang vòng răng thứ ba... Qua các lần bị va đập vật liệu văng dần từ trong ra ngoài và được đập nhỏ tới khi lọt qua được lưới sàng 1 để sang bộ phận phân loại thu hồi bột thành phẩm.



Hình 3.33 Máy nghiền răng loại một rôto quay và có lưới sàng.
1. Lưới sàng; 2. Đĩa răng cố định; 3. Vỏ máy; 4. Rôto; 5. Trục quay; 6. Răng nghiền.



Hình 3.34. Quá trình đập nhỏ vật liệu trong máy nghiền răng

Quá trình vật liệu đem nghiền bị đập nhỏ dần được trình bày trên hình 3.34

Với máy nghiền răng không có lưới sàng thì trong vỏ máy đã tạo trước rãnh hình xoắn dạng rẽ quạt ly tâm để dùng quạt hút bột đạt kích thước yêu cầu ra khỏi máy nghiền.

Với máy nghiền răng có hai rôto quay thì thường hai rôto quay ngược chiều nhau nhờ được truyền chuyển động quay từ hai trục độc lập. Các vòng răng của hai rôto lần lượt xen vào nhau tạo thành các lồng quay đồng tâm. Năng suất của máy nghiền răng hai rôto cao hơn máy có một rôto, nó phụ thuộc vào loại vật liệu đem nghiền, loại răng, số răng, cỡ hạt sản phẩm yêu cầu... và cũng tốn công suất hơn.

Vật liệu chế tạo răng nghiền thường là thép, đồng hoặc đuara. Răng có dạng tròn hoặc dạng vuông cạnh, có độ cứng cao để không bị gãy khi va đập. Răng được lắp vào đĩa cố định, vào rôto và khi mòn được tháo ra thay thế. Cũng có loại máy mà các vòng răng được hàn chặt vào đĩa cố định hoặc rôto, khi mòn răng thì phải thay cả đĩa và răng cùng một lúc.

Các máy nghiền răng có vận tốc quay của rôto càng lớn và số dãy răng nghiền trên đĩa càng nhiều thì đạt mức độ nghiền càng cao.

3.2.5.2. Tính toán máy nghiền răng

(1) Số vòng quay: Nếu gọi i_1 là mức độ nghiền sau mỗi lần va đập (i_1 thường lấy bằng 2-3) thì sau mỗi lần va đập kích thước của cục vật liệu sẽ giảm dần đi:

$$D_1 = \frac{D_o}{i_1}$$

Nếu gọi d_n là cỡ hạt sản phẩm cần đạt được sau n lần va đập qua các vòng răng, ta có:

$$d_n = \frac{D_o}{i_1 n}$$

Số lần va đập n được xác định $n = \frac{D_o}{i_1 d_n}$, vậy số vòng răng cần thiết là n + 1

Gọi a là khoảng cách mỗi vòng răng, R_1 là bán kính vòng răng trong cùng thì bán kính lớn nhất của rôto được xác định:

$$R_n = R_1 + a\,(n + 1) \qquad (3.133)$$

với a được chọn bằng (2 ÷3) D; D là kích thước vật liệu trước khi nghiền.

Cũng như búa đập trong máy nghiền búa, khi răng nghiền quay mang theo động năng.

$$E_d = \frac{m\,v_đ^2}{2}, \quad Nm \qquad (3.134)$$

Trong đó:

m là khối lượng vật, kg

$v_đ$ là vận tốc vòng ban đầu trước khi va đập, m/s

Khi va đập tự do, hiệu quả đập phụ thuộc chủ yếu vào vận tốc va chạm, chứ không phụ thuộc vào dạng chuyển động tự do hoặc cưỡng bức. Động năng này một phần dùng đập vỡ

vật nghiền, còn phần dư E_c nằm lại ở vật vẫn đang chuyển động với vận tốc cuối v_c:

$$E_c = \frac{m\,v_c^2}{2}, \quad \text{Nm} \tag{3.135}$$

Như vậy động năng dùng đập vỡ vật liệu được xác định

$$E = E_đ - E_c = \frac{m}{2}(v_đ^2 - v_c^2), \quad \text{Nm} \tag{3.136}$$

Nếu gọi $\varepsilon = v_c / v_đ$ là hệ số phục hồi phụ thuộc vào vật liệu làm răng nghiền và vật liệu đem nghiền, ε được xác định bằng thực nghiệm. Thí dụ: đối với thép - nham thạch ε = 0,180, đối với thép - đá bazan ε = 0,224

Công phá vỡ vật liệu đem nghiền được xác định:

$$W_p = \frac{\sigma^2 V}{2E} = \frac{\sigma^2 m}{2E\rho}, \quad \text{Nm} \tag{3.137}$$

Trong đó:

V là thể tích cục vật liệu, m^3

ρ là khối lượng riêng vật liệu nghiền, kg/m^3

Động năng dùng để nghiền tối thiểu phải bằng công phá vỡ vật liệu:

$$\Delta E \geq W_p \tag{3.138}$$

$$\frac{m}{2}(v_đ^2 - v_c^2) \geq \frac{\sigma^2 m}{2E\rho} \tag{3.139}$$

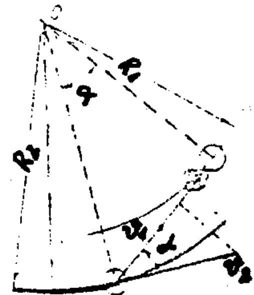
$$\frac{m v_đ^2}{2}(1 - \varepsilon^2) \geq \frac{\sigma^2 m}{2E\rho};$$

từ đó rút ra $v_đ \geq \sigma \sqrt{\dfrac{1}{E\rho(1-\varepsilon^2)}}$, m/s (3.140)

Trong máy nghiền răng có thể lấy vận tốc nạp liệu bằng không, vì nó rất nhỏ so với vận tốc vòng của các răng nghiền. Do đó, khi hạt vật liệu vào máy gặp răng nghiền của vòng răng trong cùng (có bán kính R_1) đang quay với n_1 (vg/ph) tương ứng với vận tốc vòng v_1, sẽ có vận tốc va chạm:

$$w_1 = v_1 = \frac{\pi R_1 n_1}{30}$$

Hạt vật liệu bị văng ra theo phương tiếp tuyến (hình 3.35) và lại gặp răng nghiền của vòng răng kế tiếp đang quay với n_2 (vg/ph) tương ứng với vận tốc vòng v_2 sẽ lại làm văng hạt vật liệu đi theo phương tiếp tuyến với vòng tròn bán kính R.



Hình 3.35: Sơ đồ xác định vận tốc va chạm của vật liệu với các răng nghiền.

Vận tốc va chạm của cục vật liệu với răng nghiền của vòng thứ hai (w_2) gồm vận tốc văng (v_1) và hình chiếu của vận tốc văng (v_2) lên phương của v_1.

$$w_2 = v_1 + v_2 \cos\alpha \qquad (3.141)$$

nhưng $\cos\alpha = \dfrac{R_1}{R_2}$ nên $w_2 = v_1 + v_2 \left(\dfrac{R_1}{R_2}\right)$

hay $$w_2 = \frac{\pi R_1 n_1}{30} + \frac{\pi R_2 n_2}{30}\left(\frac{R_1}{R_2}\right)$$

$$w_2 = \frac{\pi R_1}{30}(n_{i-1} + n_n) \qquad (3.142)$$

Suy ra vận tốc va chạm của hạt vật liệu với răng nghiền của vòng răng thứ i sẽ là:

$$w_i = \frac{\pi R_{i-1}}{30}(n_{i-1} + n_n) \qquad (3.143)$$

Vận tốc va chạm giữa răng nghiền với vật liệu nghiền cần phải lớn hơn hoặc bằng vận tốc vòng ban đầu của răng nghiền quay trước khi va đập tính theo biểu thức (3140)

$$w_i \geq v_d$$

$$\frac{\pi R_{i-1}}{30}(n_{i-1} + n_n) \geq \sigma\sqrt{\frac{1}{E\rho(1-\varepsilon^2)}} \qquad (3.144)$$

Ở máy nghiền có hai rôto quay cùng số vòng quay ($n_1 = n_2 = n$) thì từ biểu thức trên ta có:

$$\frac{\pi \,.\, n \,.\, R_{i-1}}{15} \geq \sigma\sqrt{\frac{1}{E\rho(1-\varepsilon^2)}} \qquad (3.145)$$

Muốn cho hạt vật liệu bị đập vỡ ngay khi nó va phải răng nghiền của vòng răng thứ hai thì số vòng quay cần thiết của máy nghiền răng có hai rôto phải là:

$$n \geq \frac{15\sigma}{\pi R_1}\sqrt{\frac{1}{E\rho(1-\varepsilon^2)}} \qquad (3.146)$$

Đối với máy nghiền răng có một rôto quay với n (vg/ph) thì biểu thức (3144) có dạng

$$\frac{\pi \,.\, n \,.\, R_{i-1}}{30} \geq \sigma\sqrt{\frac{1}{E\rho(1-\varepsilon^2)}} \qquad (3.147)$$

và số vòng quay n được xác định

$$n \geq \frac{30\sigma}{\pi R_1}\sqrt{\frac{1}{E\rho(1-\varepsilon^2)}} \qquad (3.148)$$

(2) Xác định năng suất và công suất máy nghiền

Năng suất của máy được tính gần đúng như sau:

$$Q = 3600\,\mu\,A\rho\,w_2\ ,\quad kg/h \tag{3.149}$$

Trong đó:

A : diện tích bề mặt xung quanh của vòng răng trong cùng của rôto, $A = 2\pi R_1 B$, m^2

B : chiều dài của răng, m

R_1 : bán kính vòng răng trong cùng của rôto, m

μ : hệ số tơi xốp của vật liệu = 0,5 ÷ 0,6

ρ : khối lượng riêng của vật liệu, kg/m^3

w_2 : vận tốc va chạm của vật liệu với vòng răng thứ hai, m/s

Công suất của máy được xác định như sau:

- Công suất để khắc phục ma sát tại ổ đỡ.

$$N_{ms} = \frac{\mu\,.\,G\pi nd}{60\,.\,10^3}\ ,\ kW \tag{3.150}$$

với μ : hệ số ma sát của trục tại ổ đỡ.

d : đường kính trục tại ổ đỡ, m

n : số vòng quay của trục, vg/ph

G : trọng lượng rôto, N

G = mg

m : khối lượng rôto, kg

- Công suất nghiền :

$$N_n = 10^{-3}\frac{W}{\tau},\quad kW \tag{3.151}$$

W : công nghiền , J

$$W = \frac{G}{2g}\left(\frac{\pi R_o n}{30}\right)^2 \tag{3.152}$$

R_o : bán kính trung bình của rôto, m

n : số vòng quay của rôto, vg/ph

$$N_n = 10^{-7}\,\frac{G n^3 R_o^2}{10{,}8},\quad kW \tag{3.153}$$

Công suất của máy nghiền.

$$N = k\,\frac{N_n + N_{ms}}{\eta},\quad kW \tag{3.154}$$

k = hệ số an toàn, k = 1,2 - 1,5

η : hệ số công có ích.

§ 3.3 MÁY NGHIỀN MỊN

3.3.1 Máy nghiền chậu con lăn:

3.3.1 .1. Phân loại:

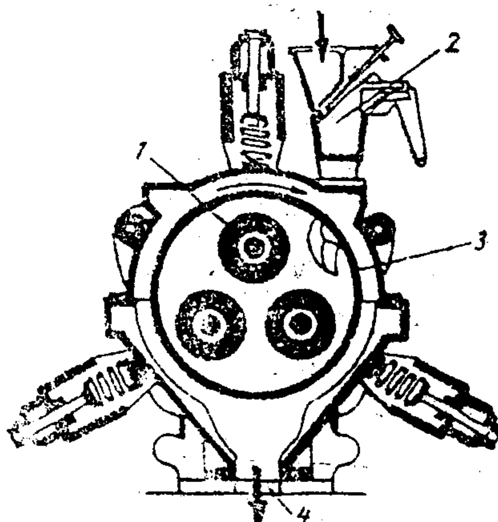
Máy nghiền chậu con lăn còn gọi là máy nghiền quả lăn thuộc loại máy dùng nghiền bột mịn hoặc rất mịn. Lực nghiền do máy tạo ra chủ yếu là lực nén, ép và chà xát. Máy nghiền quả lăn loại đơn giản thường làm việc gián đoạn, có năng suất thấp. Các loại máy nghiền được phát triển về sau thường làm việc liên tục và có năng suất cao hơn nhưng kết cấu cũng phức tạp hơn, loại này gồm một số máy sau đây:

1. Máy nghiền có chậu đựng vật liệu đem nghiền đứng yên, còn các con lăn hình trụ quay quanh trục thẳng đứng của chậu (ngoài sự tự quay quanh trục nằm ngang của con lăn).

2. Máy nghiền có chậu quay, còn các con lăn trụ đứng yên so với trục thẳng đứng của chậu nhưng chúng vẫn tự quay quanh trục của chúng dưới tác dụng của lực ma sát.

3. Máy nghiền có chậu quay, còn các con lăn hình nón đứng yên và tự quay quanh trục bản thân .

4. Máy nghiền có chậu quay nằm ngang hoặc thẳng đứng, còn con lăn dùng để nghiền có hình cầu.



Hình 3.36 Máy nghiền 3 trục với vòng nghiền
1. Trục lăn; 2. Phễu nạp liệu; 3. Vòng nghiền; 4. Phễu tháo liệu.

5. Máy nghiền gồm nhiều tầng chậu quay, còn các con lăn cầu xếp thành một, hai hay nhiều dãy.

6. Máy nghiền trục lăn với vòng nghiền quay theo trục, dùng để chà xát vật liệu (hình 3.36)

Trong quá trình nghiền, các con lăn hình cầu, trụ hoặc nón đều tự quay quanh trục của chúng do lực ma sát giữa chậu nghiền với vật liệu và vật liệu với con lăn. Khi chưa có vật liệu, sự tiếp xúc giữa con lăn cầu với chậu nghiền là tiếp xúc điểm, còn giữa con lăn hình trụ, nón với chậu nghiền là tiếp xúc đường. Đoạn tiếp xúc này bằng chiều rộng con lăn và có phương hướng tâm nên vận tốc vòng của mỗi điểm tiếp xúc so với trục của chậu có các trị số khác nhau. Điểm nằm gần trục có trị số nhỏ, xa trục có trị số lớn. Với con lăn hình nón, vận tốc vòng của các điểm trên đường sinh của mặt nón so với trục quay của

con lăn cũng khác nhau. Sự chênh lệch về vận tốc vòng của các điểm tiếp xúc trên chậu so với trục quay của chậu nghiền có thể đúng bằng hoặc khác với sự chênh lệch về vận tốc vòng cũng của các điểm ấy trên đường sinh của mặt nón so với trục quay của con lăn nón, nên có thể không hoặc xuất hiện vận tốc trượt. Còn với con lăn trụ, vận tốc vòng tại mọi điểm trên đường sinh của mặt trụ so với trục quay của con lăn là không đổi trong khi vận tốc vòng cũng của những điểm đó (các điểm tiếp xúc với chậu nghiền) so với trục quay của chậu lại thay đổi, do đó xuất hiện vận tốc trượt, tạo khả năng chà xát lớn hơn nhưng lại tốn công suất hơn.

Máy nghiền có chậu đứng yên, quả lăn quay quanh trục thẳng đứng của chậu sẽ xuất hiện lực ly tâm tác dụng trên trục của chậu. Trục chậu dễ chịu uốn khi hai quả lăn mòn không đều và có khối lượng khác nhau. Mặt khác tải trọng tác dụng lên ổ chặn của trục chậu.

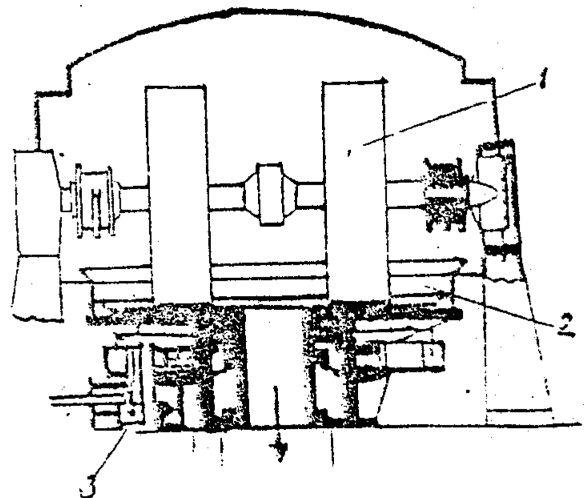
Máy nghiền con lăn hình nón thường được kết cấu chậu quay, còn cặp con lăn hình nón đứng yên so với trục chậu và tự quay quanh trục của nó. Giá lắp trục con lăn hình nón được nối bằng khớp bản lề với giá máy để con lăn có thể được nâng lên hoặc hạ xuống so với bề mặt chậu nghiền. Để tăng lực nén, ép của con lăn lên vật liệu nghiền, còn lắp lò xo kéo lên một đầu giá đỡ con lăn.

Với các loại máy nghiền làm việc liên tục như máy nghiền con lăn nón, con lăn cầu có kết cấu thêm trong máy hệ thống quạt để thổi bay các bột sản phẩm qua lưới phân loại (có thể có hoặc không) rồi vào thiết bị phân riêng loại cyclon lắng hoặc lọc túi hoặc bộ phận phân riêng kiểu turbin (nhằm thu lại các hạt to để nghiền lại).

3.3.1.2. Cấu tạo máy nghiền chậu con lăn:

Máy nghiền chậu con lăn trụ gồm 2 loại: loại chậu quay và loại con lăn quay quanh trục của chậu.

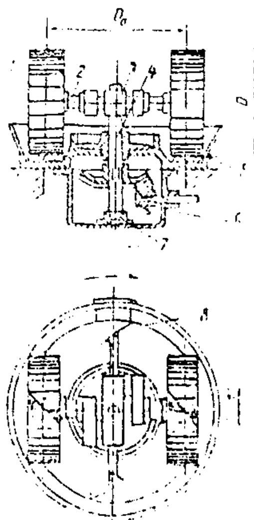
Trên hình 3.37 là loại máy nghiền con lăn trụ có chậu quay. Các con lăn trụ 1 có đường kính 1800 mm, chiều rộng con lăn 500mm quay tại chỗ (nhờ lực ma sát với chậu khi chậu quay) quanh trục của nó là hai ổ đỡ trục được gắn vào giá máy. Chậu 2 có đường kính 3200 mm quay với số vòng quay là 16-18 v/ph nhờ hộp truyền động 3. Động cơ truyền chuyển động qua cặp bánh răng nón và cặp bánh răng thẳng, trong đó bánh răng thẳng lớn được gắn chặt với chậu làm chậu quay. Năng suất của máy có thể đạt 3000 - 5000 kg/h tương ứng với công suất khoảng 40 kW. Để tăng tuổi thọ của máy cũng như tăng khả năng nghiền vật liệu cứng, bề mặt ngoài quả lăn và mặt chậu nghiền đã được bọc và lót bằng kim



Hình 3.37. Máy nghiền con lăn trụ loại chậu quay
1. Con lăn; 2. Chậu nghiền; 2. Bộ truyền động

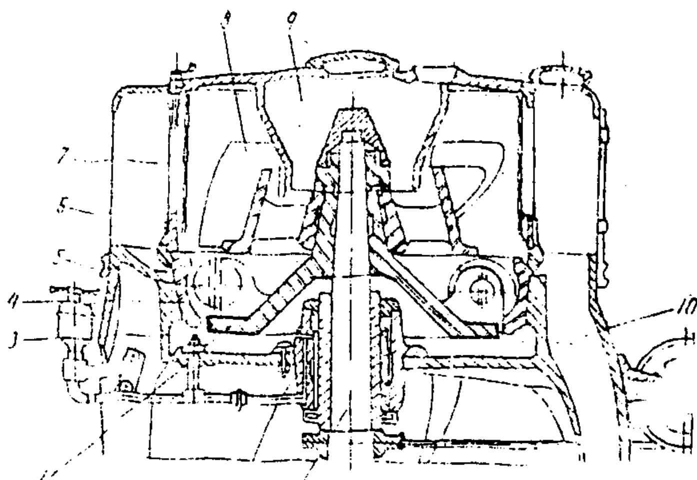
loại cứng. Loại máy nghiền này có thể nghiền các loại vật liệu ướt, ẩm, khô, kết dính hoặc ở trạng thái nóng.

Loại máy nghiền chậu đứng yên và các con lăn trụ quay quanh trục của chậu được trình bày trên hình 3.38. Sự chuyển động từ động cơ được truyền qua cặp bánh răng nón 6 tới trục thẳng đứng 4. Gắn với ổ đỡ đầu trục 3 của trục máy 4 là cặp trục 2 của quả lăn trụ 1, còn chậu 5 được lắp vào giá máy. Bột sản phẩm đạt kích thước trung bình là 0,040 mm.



Hình 3.38 Máy nghiền con lăn trụ loại chậu đứng yên
1. Con lăn; 2. Trục con lăn; 3. Ổ đỡ đầu trục; 4. Trục máy nghiền; 5. Chậu nghiền; 6. Cặp bánh răng nón; 7. Ổ đỡ chặn; 8. Cánh đảo trộn vật liệu.

Trên hình 3.39 là máy nghiền con lăn cầu một dãy nằm ngang hoạt động liên tục. Trên đầu trục quay 1 có lắp giá 2 đỡ các bi nghiền 5 và một quạt 8. Vật liệu đem nghiền được nạp vào máy qua cửa 9. Bột sau khi nghiền nhỏ được quạt 8 hút lên và đẩy qua lưới phân loại. Hạt to không chui qua được sẽ rơi trở lại máy nghiền, còn bột nhỏ lọt qua lưới 7 sẽ theo rãnh 10 vào bộ phận thu hồi bột. Máy nghiền con lăn cầu loại này có đường kính vòng nghiền là 600 - 1450 mm, vận tốc quay của vòng bi nghiền 300 - 130 v/ph và năng suất đạt 3-12 t/h ứng với kích thước bột khoảng 0,075 mm.



Hình 3.39 Máy nghiền con lăn cầu một dãy nằm ngang
1. Trục máy; 2. Giá đỡ bi nghiền; 3. Vỏ máy; 4. Vành lót nghiền; 5. Con lăn cầu; 6. Nắp máy; 7. Lưới phân loại; 8. Quạt; 9. Cửa nhập liệu; 10. Rãnh tháo liệu.

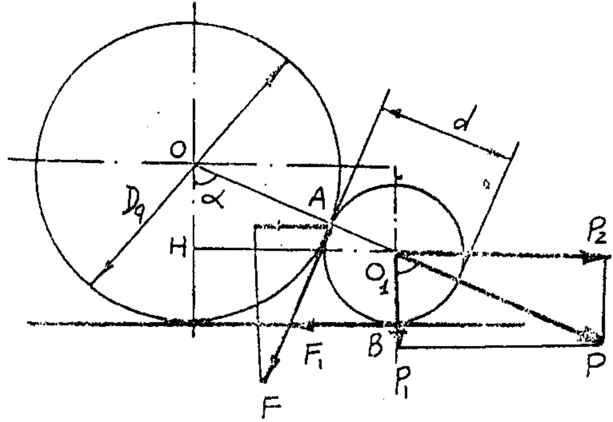
Cũng có loại máy nghiền con lăn cầu một dãy thẳng đứng với các cỡ đường kính vòng nghiền 600, 700, 800 và 950 mm, đường kính con lăn cầu tương ứng 140, 160 và 190 mm với số bi là 4,5 hoặc 6 viên. Vận tốc trục quay 150, 200, 225 và 250 v/ph. Loại máy có kết cấu phức tạp hơn, nhưng có hiệu quả nghiền cao hơn là những máy nghiền có lắp thêm lò xo nén bi nghiền hoặc bi nghiền đặt thành nhiều hàng gồm một hay nhiều dãy.

3.3.1.3 Tính toán máy nghiền chậu con lăn:

1) Xác định góc ôm và kích thước quả lăn:

Để đơn giản trong tính toán ta xem vật liệu đem nghiền là hạt hình cầu và bỏ qua trọng lượng bản thân của hạt vật liệu vì quá nhỏ so với lực nghiền do trọng lượng của quả lăn gây ra.

Khi quả lăn trụ quay hoặc khi chậu đựng vật liệu cần nghiền quay, quả lăn trụ chèn ép hạt vật liệu với lực P theo phương nối hai tâm O của quả lăn và O_1 của hạt vật liệu (hình 3.40). Dưới tác dụng của lực P và khi quả lăn quay xuất hiện lực ma sát F theo phương tiếp tuyến với quả lăn tại tiếp điểm A. Lực P được phân thành hai thành phần:



Hình 3.40 Sơ đồ tính toán góc ôm và đường kính quả lăn.

* $P_1 = P\cos\alpha$: ép hạt vật liệu xuống chậu. Với P_1 sẽ xuất hiện lực ma sát F_1 tại tiếp điểm B của hạt vật liệu với chậu.

* $P_2 = P\sin\alpha$; kéo hạt vật liệu trượt ra khỏi sự chèn ép của quả lăn.

Để quá trình nghiền xảy ra được thì tổng các thành phần lực theo phương ngang phải có hướng đẩy vật liệu vào.

$$F\cos\alpha + F_1 > P_2 \tag{3.155}$$

Nếu quả lăn và chậu nghiền được bọc lót bằng cùng loại vật liệu thì hệ số ma sát giữa chúng và hạt vật liệu là μ và từ phương trình (3.155) ta có:

$$\mu P\cos\alpha + \mu P_1 > P_2;$$

$$\mu P\cos\alpha + \mu P\cos\alpha > P\sin\alpha;$$

$$2\mu > tg\alpha$$

Thay $\mu = tg\alpha_m$ với α_m là góc ma sát giữa vật liệu bọc lót quả lăn và chậu nghiền với hạt vật liệu ta được:

$$2tg\varphi > tg\alpha$$

$$2\varphi > \alpha \tag{3.156}$$

Như vậy, điều kiện để nghiền được cần có góc ôm α của quả lăn và hạt vật liệu phải nhỏ hơn hai lần góc ma sát giữa hạt vật liệu và vật liệu chế tạo quả lăn cùng chậu nghiền.

Kích thước quả lăn (D_q) được xác định theo kích thước lớn nhất của hạt vật liệu đem nghiền (D_h). Dựa vào hình 3.40 ta có.

$$\cos\alpha = \frac{OH}{OO_1} = \frac{D_q - D_h}{D_q + D_h} \tag{3.157}$$

$$(D_q + D_h)\cos\alpha = D_q - D_h$$

$$D_q(1 - \cos\alpha) = D_h(1 + \cos\alpha);$$

$$D_q = D\left(\frac{1 + \cos\alpha}{1 - \cos\alpha}\right) \tag{3.158}$$

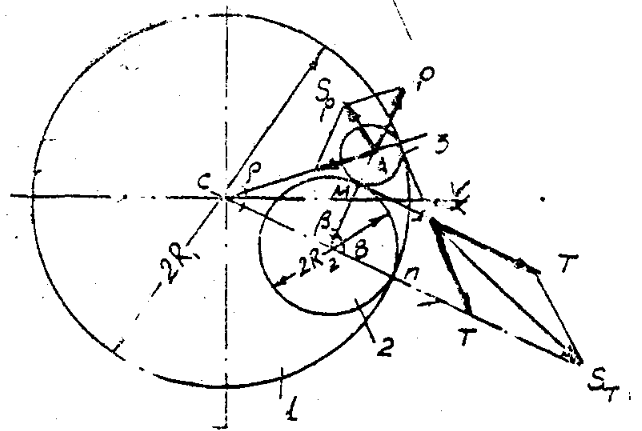
Ứng với $\alpha = 25 - 30^\circ$ thì $D_q = (15 - 20)\ D_h$ có nghĩa là trong trường hợp này đường kính quả lăn phải lớn gấp 15 đến 20 lần đường kính lớn nhất của hạt vật liệu đem nghiền.

Đối với con lăn nón trong máy nghiền nón cũng được tính toán như với con lăn trụ. Đường kính đáy nhỏ (D_1) của nón được xác định theo cỡ hạt vật liệu đem nghiền (D_h) và hệ số ma sát trượt μ theo công thức.

$$D_1 \geq \frac{1}{\mu^2} D_h \tag{3.159}$$

Đường kính đáy lớn của con lăn nón (D_2) phụ thuộc vào góc nghiêng γ giữa trục nón với mặt phẳng nghiêng của chậu nghiền và chiều rộng của con lăn.

Trong máy nghiền con lăn cầu (hình 3.41) ta gọi bán kính vòng nghiền là R_1, bán kính con lăn cầu là R_2 và bán kính hạt vật liệu nghiền là R. Khi con lăn cầu quay ép vào hạt vật liệu một lực là P theo phương nối hai tâm B và A (qua tiếp điểm M) thì hạt vật liệu cũng ép vào vòng nghiền, đồng thời cũng chịu phản lực của vòng nghiền là P theo phương hướng tâm C của vòng nghiền. Hai lực P này tạo ra hai lực ma sát F tại các tiếp điểm, thẳng góc với BA và CA.



Hình 3.41. Sơ đồ tính toán xác định góc ôm trong máy nghiền con lăn cầu.

Góc ôm α là góc tạo bởi hai phương của hai lực F và cũng là góc $\alpha = \widehat{CAB}$. Điều kiện để nghiền được cần có:

$$S_F \geq S_p \tag{3.160}$$

$$2F\cos\frac{\alpha}{2} \geq 2P\sin\frac{\alpha}{2},$$

$$2\mu P\cos\frac{\alpha}{2} \geq 2P\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$\mu \geq \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$$

$$tg\alpha_m \geq tg\frac{\alpha}{2}$$

$$\alpha_m \geq \frac{\alpha}{2} \tag{3.161}$$

Mặt khác góc ôm cũng còn phụ thuộc vào các quan hệ với kích thước R_1, R_2 và R. Từ hình 3.41 ta có:

$BC = a = R_1 - R_2$; $AC = b = R_1 - R$; $AB = c = R_2 + R$; gọi

$$u = \frac{a + b + c}{2} = \frac{R_1 - R_2 + R_1 - R + R_2 + R}{2} = R_1$$

theo lượng giác ta cũng có:

$$tg\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(u - b)(u - c)}{u(u - a)}} \tag{3.162}$$

Thay vào biểu thức (3.162) các giá trị của u, a, b, c và bình phương lên ta được

$$\mu^2 = tg^2\frac{\alpha}{2} = \frac{R(R_1 - R_2 - R)}{R_1 R_2} \tag{3.163}$$

Công thức trên nêu lên quan hệ giữa 4 đại lượng; góc ôm α, bán kính vòng nghiền R_1, bán kính con lăn cầu R_2 và bán kính hạt vật liệu đem nghiền R trong máy nghiền chậu con lăn cầu.

Xác định góc ôm α từ hệ số ma sát μ hoặc góc ma sát α_m theo công thức (3.161), còn các bán kính R_1, R_2 chọn theo kết cấu máy.

(2) Xác định số vòng quay của chậu nghiền đối với loại máy nghiền có chậu quay.

Số vòng quay này được tính từ điều kiện: khi chậu quay, các hạt vật liệu không bị văng ra mép chậu do lực ly tâm mà vẫn nằm yên dưới tác dụng của trọng lượng bản thân để được các quả lăn nghiền nhỏ.

Gọi trọng lượng hạt vật liệu là G, do ảnh hưởng của chậu quay sẽ xuất hiện lực ma sát F chống lại lực ly tâm C tác dụng vào hạt vật liệu và kéo nó ra mép chậu. Điều kiện để hạt vật liệu không bị văng ra mép chậu

$$F \geq C \tag{3.164}$$

$$\mu G \geq m\frac{v^2}{R}$$

$$\mu G \geq \frac{G}{gR}\left(\frac{\pi R n}{30}\right)^2$$

từ đó rút ra

$$n \leq 30\sqrt{\frac{\mu}{R}}\text{, v/ph} \tag{3.165}$$

Trong đó

μ : hệ số ma sát của vật liệu với chậu nghiền.

m : khối lượng hạt vật liệu đem nghiền, kg

R : bán kính vòng ngoài của quả lăn, m

Với vật liệu khô, cứng $\mu = 0,3$ thì $n_{max} = \dfrac{16,5}{\sqrt{R}}$, v/ph

Với vật liệu ẩm, $\mu = 0,5$ thì $n_{max} = \dfrac{21}{\sqrt{R}}$, v/ph

Máy nghiền chậu con lăn có cửa tháo liệu ở đáy chậu thì chọn số vòng quay làm việc của chậu bằng 0,8 n_{max} còn khi tháo liệu qua mép chậu thì chọn số vòng quay này bằng 2,5n_{max}

Để hạn chế bớt ảnh hưởng của lực ly tâm nên máy nghiền có quả lăn quay quanh trục của chậu có số vòng quay nhỏ hơn số vòng quay của máy nghiền có chậu quay. Do đó máy nghiền có chậu quay có năng suất cao và làm việc ổn định hơn.

(3) Xác định lực nghiền:

Để nghiền nhỏ được vật liệu, máy nghiền quả lăn phải tạo ra được lực nghiền đủ lớn, sao cho công do lực nghiền sinh ra phải lớn hơn hoặc bằng công làm biến dạng hạt vật liệu đem nghiền.

Ở máy nghiền chậu con lăn trụ thì lực nghiền chính là trọng lượng quả lăn trụ. Để tăng lực nghiền đôi khi còn gắn thêm hệ lò xo có tấm nén một lực phụ lên trục con lăn. Máy nghiền con lăn nón thì lực nghiền phụ do hệ lò xo kéo sinh ra. Ở máy nghiền con lăn cầu thì lực nghiền, chính là lực ly tâm của các con lăn cầu trong máy nghiền có chậu nghiền thẳng đứng.

Công để làm biến dạng vật liệu là:

$$W_1 = \frac{\sigma^2 V}{2E} = \frac{\sigma^2 KBD_h^2}{2E}, \quad Nm \qquad (3.166)$$

Trong đó:

σ : giới hạn bền nén của vật liệu đem nghiền, N/m^2;

E : môdun đàn hồi của vật liệu đem nghiền, N/m^2;

B : chiều rộng quả lăn, m;

D_h: kích thước hạt vật liệu đem nghiền, m;

K : hệ số hình dạng làm giảm thể tích.

Công do lực nghiền:

$$W_2 = F\Delta D_h \qquad (3.167)$$

Thay $\varepsilon = \dfrac{\Delta D_h}{D_h} = \dfrac{\sigma}{E}$ (theo định luật Hook) vào biểu thức trên ta được:

$$W_2 = F\varepsilon D_h = F \cdot \frac{\sigma}{E} \cdot D_h \tag{3.168}$$

Để nghiền được cần có $W_1 = W_2$ nghĩa là:

$$F\frac{\sigma}{E} \cdot D_h = \frac{\sigma^2 KBD_h^2}{2E} \tag{3.169}$$

Từ đây rút ra lực nghiền cần thiết:

$$F = \frac{\sigma KBD_h}{2}, \text{ N} \tag{3.170}$$

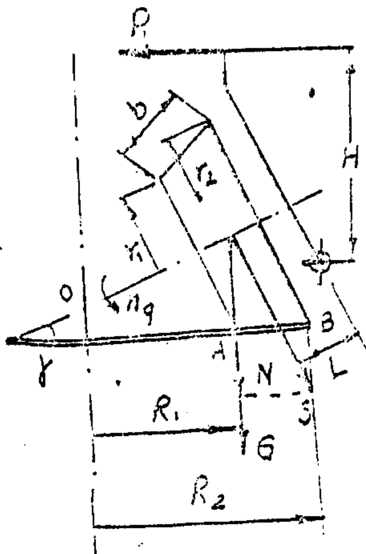
Ở máy nghiền đơn giản, lực nghiền là trọng lượng quả lăn thì đường kính quả lăn trụ được xác định:

$$\frac{\pi D_q^2}{4} \rho_q g B = \frac{\sigma KBD_h}{2} \tag{3.171}$$

$$D_q = \sqrt{\frac{2kD_h\sigma}{\pi\rho_q g}} \tag{3.172}$$

Trong đó: ρ_q : khối lượng riêng của vật liệu chế tạo quả lăn, kg/m^3

Với quả lăn có kết cấu thêm lò xo nén như ở máy nghiền quả lăn nón (hình 3.42) ngoài trọng lượng G của quả lăn còn có lực nén F_N do lực kéo P_1 của lò xo gây ra. Ta có:



Hình 3.42 Sơ đồ tính máy nghiền quả lăn nón.

$$F_N = S\cos\gamma;$$

$$SL = P_1H; \quad S = \frac{P_1H}{L}$$

do đó: $$F_N = \frac{P_1H\cos\gamma}{L} \tag{3.173}$$

vậy $$G + F_N = P = \frac{\sigma KBD_h}{2} \tag{3.174}$$

$$G + \frac{P_1H\cos\gamma}{L} = \frac{\sigma KBD_h}{2}$$

Lực kéo cần thiết của lò xo là:

$$P_1 = \left(\frac{\sigma KBD_h}{2} - G\right)\frac{L}{H} \cdot \frac{1}{\cos\gamma}, \text{ N} \tag{3.175}$$

Với máy nghiền quả lăn hình cầu thẳng đứng thì lực nghiền là lực ly tâm của con lăn cầu:

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{\sigma KBD_h}{2} \tag{3.176}$$

$$\frac{m}{R}\left(\frac{\pi Rn}{30}\right)^2 = \frac{\sigma KBD_h}{2}$$

Từ biểu thức trên ta xác định được trọng lượng cần thiết của quả lăn cầu (G_1) và số vòng quay cần thiết (n) của quả lăn cầu:

$$G_1 = \frac{45\sigma KBD_h\rho_q g}{Rn^2}, \text{ N} \tag{3.177}$$

$$n = \sqrt{\frac{45\,\sigma\,K\,B\,D_h\,\rho_q\,g}{G_1\,R}}, \quad \text{v/ph} \tag{3.178}$$

Trong đó:

m khối lượng quả lăn cầu, kg

ρ_q : khối lượng riêng của vật liệu chế tạo quả lăn, kg/m^3

R : bán kính vòng nghiền do tâm quả lăn vạch ra khi quay, m

(4) Xác định công suất nghiền:

Công suất của máy nghiền quả lăn chủ yếu dùng để khắc phục ma sát lăn, ma sát trượt, trở lực ở cơ cấu đảo vật liệu và các tổn thất truyền động ở các cơ cấu truyền động và các ổ đỡ...

Công suất để khắc phục ma sát lăn giữa các quả lăn và vật liệu trên chậu nghiền được tính theo công thức:

$$N_1 = \frac{\mu_1 P v_o z}{R}, \text{ W} \tag{3.179}$$

Thay giá trị vận tốc vòng của trọng tâm quả lăn đối với trục của chậu nghiền:

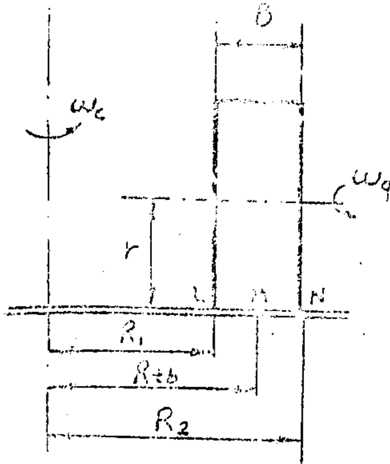
$$v_o = \frac{\pi R_o n_c}{30}, \text{ m/s;}$$

ta được:

$$N_1 = \frac{\mu_1 P \pi R_o n_c z}{30\,R}, \text{ W} \tag{3.180}$$

trong đó:

μ_1 : hệ số ma sát lăn thường lấy bằng 0,005 - 0,01;



Hình 3.43: Sơ đồ xác định vận tốc trượt của quả lăn trụ

P : lực nghiền của quả lăn, N

z : số quả lăn bố trí trong máy nghiền;

n_c: số vòng quay của chậu nghiền (nếu chậu quay) hoặc của trục thẳng đứng làm quay các quả lăn nghiền (nếu chậu đứng yên), v/ph

R_o : bán kính vòng tròn do trọng tâm quả lăn khi quay quanh trục thẳng đứng của chậu nghiền vạch ra, m;

R : bán kính quả lăn, m

Ở máy nghiền quả lăn trụ, lực ma sát giữa các quả lăn và vật liệu nghiền làm các quả lăn tự quay quanh trục với số vòng quay là n_q, v/ph.

Vận tốc vòng của các điểm L, M, N (trên đường sinh của quả lăn tiếp xúc với chậu) đối với trục quay của chúng thì không đổi (hình 3.43).

$$v_{Lq} = v_{Mq} = v_{Nq} = \omega_q r \quad (3.181)$$

Vận tốc vòng cũng của những điểm L, M, N đó đối với trục quay của chậu thì khác nhau và phụ thuộc vào bán kính quay.

$$v_{LC} < v_{MC} < v_{NC} \rightarrow \omega_C R_1 < \omega_C R_{tb} < \omega_C R_2 \quad (3.182)$$

Nếu xem vận tốc vòng tại điểm M đối với trục quả lăn cũng bằng vận tốc vòng của điểm ấy đối với trục của chậu nghiền, có nghĩa là tại điểm này quả lăn chỉ lăn chứ không trượt trên chậu, ta có:

$$v_{Mq} = \omega_q r = \omega_C R_{tb} = v_{MC} \quad (3.183)$$

Như vậy tại điểm L và N đã xuất hiện vận tốc trượt giữa quả lăn và chậu nghiền:

$$v_t = v_{Lq} - v_{Lc} = \omega_q r - \omega_c R_1 \quad (3.184)$$

$$v_t = v_{Nc} - v_{Nq} = \omega_c R_2 - \omega_q r \quad (3.185)$$

Thay biểu thức (3.183) vào (3.184) và (3.185) ta được:

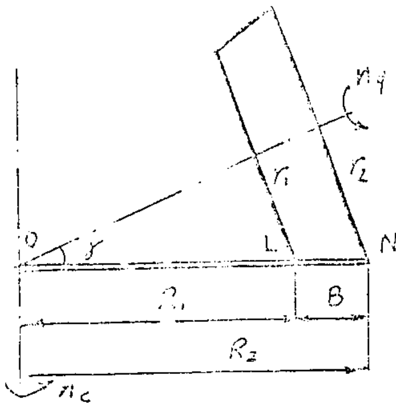
$$v_t = (\omega_c R_{tb} - \omega_c R_1) = (\omega_c R_2 - \omega_c R_{tb}) = \frac{\omega_c B}{2};$$

Hoặc $$v_t = \frac{\pi n_c B}{60}, \quad m/s \quad (3.186)$$

Vận tốc trượt v_t này chính là vận tốc trượt trung bình của mọi điểm trên đường sinh của quả lăn trụ. Từ đó ta xác định được công suất dùng để khắc phục ma sát trượt.

$$N_2 = z\mu P v_t$$

$$N_2 = \frac{\pi z \mu P B n_c}{60}, \quad W \quad (3.187)$$



Hình 3.44 : Sơ đồ máy nghiền quả lăn nón không xuất hiện vận tốc trượt.

Có thể lấy hệ số ma sát trượt $\mu = 0,1 - 0,2$

Công suất để khắc phục trở lực của tấm đảo vật liệu lấy bằng 20 - 50% tổng hai công suất trên, còn hiệu suất truyền động cơ khí $\eta = 0,6 - 0,8$ Vậy công suất dùng cho máy nghiền quả lăn trụ là:

$$N = (1,2 - 1,5)\frac{N_1 + N_2}{\eta}.10^{-3}, \quad kW \qquad (3.188)$$

Với máy nghiền quả lăn cầu không tốn công suất để khắc phục ma sát trượt.

Riêng với máy nghiền quả lăn nón, tùy theo cấu tạo của các quả lăn nón mà có thể xuất hiện vận tốc trượt hay không.

Trường hợp trục quả lăn nón cắt trục đứng của chậu ngay trên mặt phẳng của chậu nghiền (hình 3.44) thì không xuất hiện vận tốc trượt giữa nón và chậu, do đó không tốn công suất N_2 để khắc phục ma sát trượt. Ta có các quan hệ hình học:

$$\frac{r_1}{R_1} = \frac{r_2}{R_2} = \sin\gamma$$

Nếu vận tốc vòng của điểm L trên quả lăn nón (đối với trục quả lăn) đúng bằng vận tốc vòng của điểm L đó trên chậu nghiền (đối với trục chậu) có nghĩa là không xuất hiện vận tốc trượt.

$$v_{Lq} = v_{Lc} \quad \text{hoặc} \quad \frac{\pi r_1 n_q}{30} = \frac{\pi R_1 n_c}{30} \qquad (3.189)$$

$$n_c = \frac{n_q r_1}{R_1} = n_q \sin\gamma$$

Ta xét vận tốc vòng tại điểm N đối với trục chậu cũng như đối với trục quả lăn. Nếu có sự trượt của điểm N trên quả lăn so với chậu thì chênh lệch vận tốc vòng tại N khác không, nhưng

$$v_{Nc} - v_{Nq} = \frac{\pi R_2 n_c}{30} - \frac{\pi r_2 n_q}{30} \qquad (3.190)$$

Thay $R_2 = r_2/\sin\alpha$ và $n_c = n_q \sin\gamma$ vào công thức trên ta được:

$$v_{Nc} - v_{Nq} = \frac{\pi r_2 n_q \sin\alpha}{30\sin\alpha} - \frac{\pi r_2 n_q}{30} = 0 \qquad (3.191)$$

Biểu thức (3.191) nói lên rằng: tại điểm N không có vận tốc trượt. Điều đó cũng có nghĩa là sẽ không có vận tốc trượt giữa quả lăn nón và chậu nghiền nếu trục chậu và trục quả lăn nón giao nhau tại điểm O nằm trên mặt chậu nghiền. Với máy nghiền nón có kết

cấu như trên sẽ không tốn công suất N_2 để khắc phục ma sát trượt.

Đối với máy nghiền quả lăn nón có kết cấu như ở hình 3.42 điểm giao nhau O của trục chậu và trục quả lăn không nằm trùng lên mặt phẳng của chậu do đó sẽ xuất hiện vận tốc trượt giữa quả lăn nón và chậu.

Nếu coi vận tốc vòng tại điểm B giữa nón và chậu bằng nhau (không có vận tốc trượt) ta có:

$$\frac{\pi R_2 n_c}{30} = \frac{\pi r_2 n_q}{30}$$

Suy ra:

$$n_q = \frac{n_c \cdot R_2}{r_2} \qquad (3.192)$$

Vận tốc trượt lớn nhất tại điểm A giữa quả lăn và chậu

$$v_{t_{max}} = \frac{\pi R_1 n_c}{30} - \frac{\pi r_1 n_q}{30} = \frac{\pi\,(R_2 - b)n_c}{30} - \frac{\pi r_1}{30} \cdot \frac{R_2 n_c}{r_2} \qquad (3.193)$$

$$v_{t_{max}} = \frac{\pi R_2 n_c}{30}\left(1 - \frac{r_1}{r_2}\right) - \frac{\pi b n_c}{30} \qquad (3.194)$$

Vận tốc trượt trung bình của mọi điểm trên đường sinh của con lăn được lấy bằng $\frac{1}{2} v_{t_{max}}$, do đó:

$$v_t = \frac{v_{t_{max}}}{2} = \frac{\pi R_2 n_c}{60}\left(1 - \frac{r_1}{r_2}\right) - \frac{\pi b n_c}{60} \qquad (3.195)$$

Vậy công suất N_2 để khắc phục ma sát trượt của quả lăn nón có kết cấu như hình là:

$$N_2 = z \cdot \mu \cdot P\left[\frac{\pi R_2 n_c}{60}\left(1 - \frac{r_1}{r_2}\right) - \frac{\pi b \cdot n_c}{60}\right], \quad W \qquad (3.196)$$

Trong đó: b - chiều dài đường sinh quả lăn nón - m

5. Năng suất của máy nghiền:

Năng suất máy phụ thuộc vào chiều rộng và số lượng con lăn, tốc độ quay của con lăn, của chậu, số lượng con lăn v.v...

Giả sử khi chuyển động con lăn sẽ nghiền một lớp vật liệu có chiều dày bằng đường kính lớn nhất của hạt vật liệu trước khi nghiền thì năng suất thể tích của máy nghiền có một con lăn sẽ là:

$$V = \pi D_o \cdot b \cdot d \cdot n \cdot 60, \quad m^3/h \qquad (3.197)$$

b - chiều dài con lăn - m

n - số vòng quay của con lăn - vg/ph

d - đường kính vật liệu trước khi nghiền - m

D_0 - đường kính vòng tròn trung bình của con lăn tạo nên khi chuyển động trên bề mặt chậu - m.

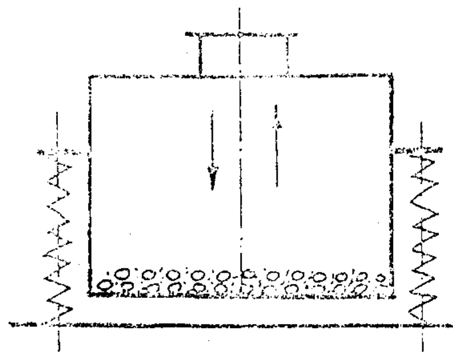
Nếu máy nghiền có z con lăn và khối lượng riêng của vật liệu đem nghiền là $\rho\ (T/m^3)$ thì năng suất khối lượng của máy sẽ là:

$$Q = 188{,}4\,\mu \,.\, D_0 \,.\, b \,.\, d \,.\, n \,.\rho \,.\, Z \;,\quad (T/h) \qquad (3.198)$$

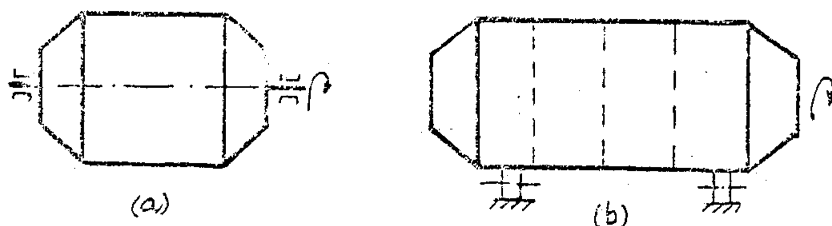
3.3.2 Máy nghiền bi

3.3.2.1. Phân loại và nguyên tắc hoạt động

Máy nghiền bi là loại máy nghiền mịn, trong đó quá trình nghiền xảy ra do sự va đập và chà xát các viên bi với vật liệu nghiền. Bộ phận làm việc chủ yếu là các viên bi nghiền. Máy nghiền cấu tạo bao gồm thùng rỗng đặt trên các gối đỡ, phía trong đựng các viên bi nghiền và vật liệu nghiền. Để tạo chuyển động cho các viên bi ta có thể tạo ra các chuyển động rung hay quay của thùng chứa.



Hình 3.45: Máy nghiền bi rung



Hình 3.46: Máy nghiền bi thùng quay

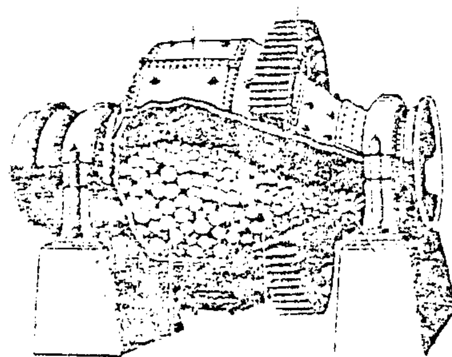
1 - Phân loại và cấu tạo máy nghiền bi.

Máy nghiền bi được phân loại theo:

a. Sự chuyển động của bi nghiền: ta có các loại máy nghiền bi rung (Hình 3.45); máy nghiền bi thùng quay (Hình 3.46)

b. Nguyên tắc di chuyển của vật liệu nghiền: ta có máy nghiền bi hoạt động gián đoạn (Hình 3.46a), hoạt động liên tục, máy nghiền bi nhiều cấp (Hình 3.46b)

c. Trạng thái vật liệu khi nghiền: máy nghiền khô và máy nghiền ướt.



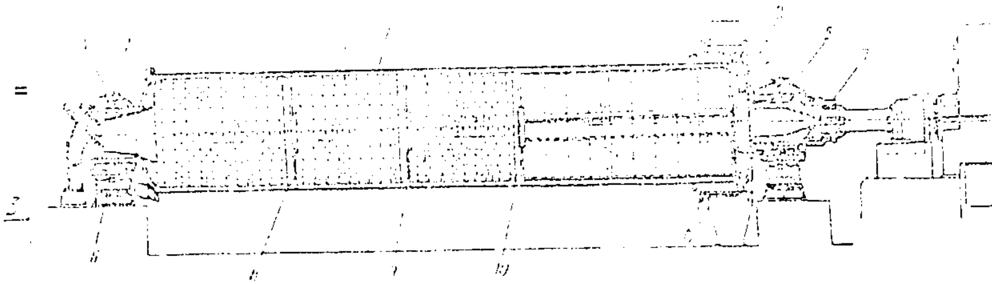
Hình 3.47: Máy nghiền bi thùng ngắn

Cấu tạo máy nghiền bi

a) Máy thùng ngắn

Máy thùng ngắn có tỉ lệ chiều dài và đường kính thường L/D < 2. Thân máy có hình trụ, phía trong có lót các tấm đập bằng hợp kim Mn. Trên thân hình trụ có thiết kế các cửa hình chữ nhật để sửa chữa và nạp bi nghiền. Các trục đỡ hai đầu được thiết kế là trục rỗng để nhập vật liệu nghiền và tháo sản phẩm ra. Ở phía cửa tháo sản phẩm có lắp lưới sàng để phân loại cỡ hạt sau khi nghiền.

b) Máy thùng dài, nhiều ngăn



Hình: 3.48: Máy nghiền bi thùng dài
1. Thùng quay; 2,3. Nắp hai đầu; 4,5. Cửa nhập liệu và tháo liệu;
6,7. Gối đỡ; 8,9,10. Vách ngăn; 11. Cánh đảo.

Được sử dụng khi cần sản phẩm có độ mịn cao. Máy được chế tạo gồm nhiều ngăn liên tiếp nhau, số ngăn thường được thiết kế là 3÷4. Mỗi ngăn được phân cách bằng các vách có đục lỗ để sản phẩm nghiền có thể đi qua. Kích thước bi nghiền trong các ngăn là khác nhau để làm sao kích thước vật liệu nghiền sẽ giảm dần khi di chuyển từ ngăn này qua ngăn khác từ vị trí nhập liệu đến vị trí tháo liệu.

Bi nghiền sử dụng trong máy nghiền bi có thể là hình trụ, hình cầu hay hình khối. Vật liệu chế tạo bi nghiền có thể là gang, thép, đá, thủy tinh v.v... Sự lựa chọn hình dạng, vật liệu chế tạo bi nghiền phụ thuộc vào độ cứng của vật liệu nghiền và yêu cầu về độ tinh khiết của sản phẩm sau khi nghiền. Khi nghiền vật liệu mềm, có độ tinh khiết cao có thể sử dụng bi sứ, bi thủy tinh.

Ưu điểm của máy nghiền bi là có năng suất cao, sản phẩm mịn đạt độ đồng đều cao. Máy làm việc an toàn khi nghiền các vật liệu có độ cứng không ổn định. Có thể kết hợp quá trình sấy trong khi nghiền. Máy cấu tạo đơn giản, dễ sửa chữa.

Tuy nhiên máy có nhược điểm là tiêu tốn nhiều năng lượng và làm việc ồn.

3.3.2.2. Tính toán máy nghiền bi:

(1) Xác định số vòng quay tới hạn của thùng:

Xét chuyển động của bi nghiền khi thùng quay với vận tốc n. Ở đây ta giả thiết trong thùng chỉ có một viên bi và kích thước của bi rất nhỏ so với kích thước thùng nghiền.

Khi thùng quay bi nghiền sẽ chịu các lực tác dụng sau:

- Lực ly tâm :

$$F = \frac{G}{g}\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 . R_t \qquad (3.199)$$

G - Trọng lượng viên bi.

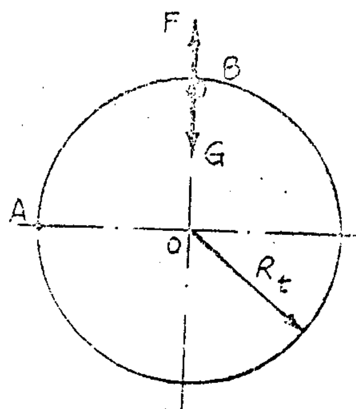
- Trọng lực G

- Lực ma sát T giữa viên bi và bề mặt thùng.

Nếu số vòng quay của thùng nhỏ thì lực ly tâm sinh ra nhỏ do đó lực ma sát sinh ra nhỏ không đủ kéo viên bi chuyển động lên trên điểm A. Lúc đó viên bi sẽ bị trượt xuống dưới theo bề mặt thùng. Quá trình nghiền xảy ra lúc này chỉ là quá trình chà xát giữa viên bi và vật liệu nghiền nên hiệu quả không cao.

Ngược lại nếu thùng quay với vận tốc lớn, lực ly tâm sinh ra lớn kéo viên bi chuyển động cùng với thùng vượt qua điểm B thì quá trình nghiền sẽ không xảy ra, vì viên bi sẽ không rơi xuống và không tạo sự va đập với vật liệu.

Do đó số vòng quay của thùng sao cho tới điểm B viên bi sẽ bị rớt xuống được gọi là vận tốc tới hạn của thùng.



Hình 3.49: Xác định số vòng quay tới hạn của thùng

Xét cân bằng lực tác dụng lên viên bi tại điểm B ta có:

$$F = \frac{G}{g}\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 . R_t = G$$

Rút ra:

$$n_{th} = \frac{30}{\sqrt{R_t}} = \frac{42{,}4}{\sqrt{D_t}} \;, \quad v/ph \qquad (3.200)$$

R_t, (D_t) - Bán kính (đường kính) thùng nghiền - m.

2. Xác định số vòng quay thích hợp của thùng nghiền

Khi viên bi chuyển động cùng với thùng và rời thùng ở một vị trí nào đó trong quảng đường từ A tới B rơi xuống tạo sự va đập với vật liệu thì quá trình nghiền sẽ đạt hiệu quả nhất. Tất nhiên trong quảng đường AB viên bi càng được nâng cao lên bao nhiêu thì khi rơi

xuống động năng va đập tạo được càng lớn bấy nhiêu và dẫn đến hiệu quả quá trình nghiền cũng tăng theo.

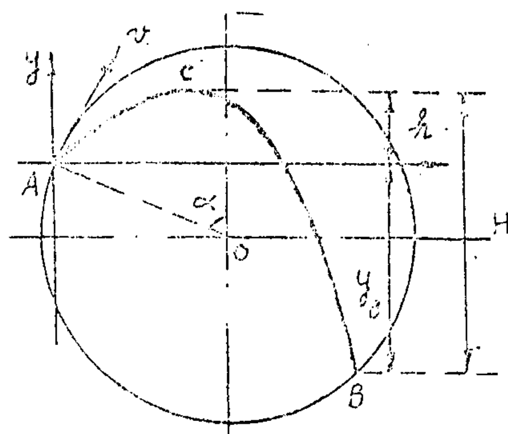
Do đó ở đây ta cần xác định số vòng quay thích hợp nhất (hay góc nâng thích hợp nhất) sao cho viên bi có độ cao rơi là lớn nhất.

Xét quỹ đạo chuyển động của viên bi: (Hình 3.50)

Giả sử viên bi rời khỏi thùng tại điểm A với vận tốc là v. Góc rơi của viên bi là α, lúc đó góc nâng viên bi sẽ là $180° - \alpha$.

Vận tốc v theo phương tiếp tuyến với vòng tròn tại điểm A và có giá trị:

$$v = \frac{\pi n R_t}{30}, \quad m/s$$



Hình 3.50: Quĩ đạo rời của viên bi.

Do chịu tác dụng của trọng lực, quỹ đạo chuyển động của viên bi sẽ là đường parabôn xuất phát từ điểm A, cắt thùng tại B và có đỉnh là C. Yêu cầu đặt ra là làm sao phải đạt chiều cao rơi H là lớn nhất.

- Trong hệ tọa độ xAy quỹ đạo chuyển động của bi nghiền sau khi rời khỏi bề mặt thùng được xác định theo phương trình:

$$\begin{cases} x = v \cdot t \cdot \cos\alpha & \text{(a)} \\ y = v \cdot t \cdot \sin\alpha - \dfrac{gt^2}{2} & \text{(b)} \end{cases}$$

Từ (a) có:

$$t = \frac{x}{v \cdot \cos\alpha} \quad ; \qquad \text{(c)}$$

Thay (c) vào (b) thu được:

$$y = x\,tg\,\alpha - \frac{gx^2}{2v^2 \cdot \cos^2\alpha} \quad ; \quad \text{(d)}$$

- Tại điểm A viên bi rời khỏi bề mặt thùng nên ta có phương trình cân bằng lực tác dụng vào bi như sau:

Lực ly tâm = thành phần hướng tâm của trọng lực

Hay:

$$\frac{G \cdot v^2}{g\ R_t} = G\cos\alpha$$

Rút ra:

$$v^2 = g \cdot R_t \cdot \cos\alpha \;; \qquad \text{(e)}$$

Thay (e) vào (d) ta thu được phương trình:

$$y = x\,tg\alpha - \frac{x^2}{2R_t \cdot \cos^3\alpha} \;; \qquad \text{(f)}$$

- Xác định phương trình đường tròn thùng tâm O trong hệ tọa độ x Ay ta có: tọa độ điểm O là O ($R_t \sin\alpha$; $-R_t \cos\alpha$)

Do đó phương trình đường tròn sẽ là

$$(x - R_t \sin\alpha)^2 + (y + R_t \cos\alpha)^2 = R_t^2 \;; \qquad \text{(g)}$$

Hay :

$$x^2 + y^2 - 2R_t(x \sin\alpha - y\cos\alpha') = 0$$

- Tọa độ điểm B trong hệ tọa độ xAy sẽ là giao điểm của đường parabol (f) và đường tròn (g)

Giải hệ phương trình:

$$\begin{cases} y_B = x_B tg\alpha - \dfrac{x_B^2}{2R_t\cos^3\alpha} \\ x_B^2 + y_B^2 - 2R_t(x_B\sin\alpha - y_B\cos\alpha) = 0 \end{cases}$$

Ta thu được:

$$\begin{cases} x_B = 4R_t\sin\alpha \cdot \cos^2\alpha \\ y_B = 4R_t\sin^2\alpha \cdot \cos\alpha \end{cases}$$

- Chuyển động của viên bi từ điểm A đến điểm C trên quỹ đạo parabol sẽ là chuyển động chậm dần đều:

$$v_y = \sqrt{2gh}$$

Hay:

$$h = \frac{v_y^2}{2g}$$

Với : $v_y = v \sin\alpha$ - vận tốc thành phần của viên bi sau khi rời khỏi thùng theo phương y

Thay giá trị v_y vào phương trình trên ta có:

$$h = \frac{v^2 \cdot \sin^2\alpha}{2g}$$

Mặc khác từ phương trình (e) ta có:

$$v^2 = gR_t\cos\alpha$$

Do đó: $$h = \frac{R_t \cdot \cos\alpha \cdot \sin^2\alpha}{2} = 0,5R_t \cdot \cos\alpha \cdot \sin^2\alpha$$

Như vậy chiều cao rơi của viên bi:

$$H = h + y_B = 0,5\,R_t \cdot \cos\alpha \cdot \sin^2\alpha + 4\,R_t \cos\alpha \sin^2\alpha$$

$$H = 4,5 \cdot R_t \cdot \cos\alpha \cdot \sin^2\alpha \qquad (3.201)$$

Đây là phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa chiều cao rơi và góc rơi. Để xác định chiều cao rơi cực đại H_{max} ta cho đạo hàm bậc nhất của phương trình trên theo α bằng 0:

$$\frac{dH}{d\alpha} = 4,5 \cdot R_t\,(2\sin\alpha \cdot \cos^2\alpha - \sin^3\alpha) = 0$$

$$4,5R_t\sin\alpha\,(2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) = 0$$

$$2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 0$$

$$tg^2\alpha = 2$$

Rút ra: $\alpha = 54°40'$

Vậy để chiều cao rơi có giá trị lớn nhất thì góc rơi của viên bi sẽ là $\alpha = 54°40'$

Số vòng quay thích hợp của thùng là số vòng quay sao cho viên bi có góc rơi $\alpha = 54°40'$

Từ điều kiện cân bằng lực tác dụng lên viên bi tại điểm A ta có:

$$\frac{G}{g}\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 R_t = G\cos\alpha$$

Thay giá trị $\alpha = 54°40'$ ta thu được:

$$n = \frac{22,8}{\sqrt{R_t}}, \quad (v/ph) \qquad (3.202)$$

Trong đó R_t - bán kính thùng nghiền tính bằng m.

Đối với máy nghiền làm việc gián đoạn và nghiền ướt thì số vòng quay thích hợp của máy được tính theo công thức sau:

- Khi $D_t \geq 1,25m$

$$n = \frac{35}{\sqrt{D_t}}, \quad v/ph \qquad (3.203)$$

- Khi $D_t < 1,25m$

$$n = \frac{40}{\sqrt{D_t}}, \quad v/ph \qquad (3.204)$$

3. Kích thước bi nghiền và lượng bi nghiền cần thiết trong máy nghiền:

Đường kính bi nghiền được xác định theo công thức sau:

$$d_b = 6 \,.\, (\lg d)\, \sqrt{D} \text{ - mm} \quad (3.205)$$

Trong đó:

d - đường kính sản phẩm sau khi nghiền - μm

D - đường kính cực đại của vật liệu trước khi nghiền - mm:

Đối với bi nghiền hình trụ:

$$l_b = 1{,}5\, d_b$$

Lượng bi nghiền cần thiết nạp vào máy là sao cho:

$$a = 0{,}16\, R_t \text{ (m)}$$

a - Khoảng cách từ tâm thùng nghiền đến bề mặt thoáng lớp bi khi thùng đứng yên

R_t - bán kính thùng nghiền, m

4. Năng suất máy nghiền bi:

Năng suất máy nghiền bi phụ thuộc nhiều yếu tố: tính chất và kích thước của vật liệu nghiền, hệ số chứa vật liệu trong thùng, số vòng quay của thùng, kích thước thùng v.v...

Do vậy cho đến nay việc xác định năng suất của máy thường sử dụng công thức thực nghiệm.

- Đối với máy nghiền bi thùng ngắn:

$$Q = 0.785 \,.\, K \,.\, L \,.\, D_t^{2,6}, \quad \text{(t/h)} \quad (3.206)$$

L - Chiều dài thùng nghiền - m

D_t - Đường kính thùng nghiền - m

K - Hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào kích thước vật liệu nghiền.

Giá trị hệ số K được cho ở bảng sau:

Bảng 3.7 Giá trị K theo kích thước vật liệu trước và sau khi nghiền

Kích thước vật liệu trước khi nghiền (mm)	Giá trị hệ số K		
	Kích thước vật liệu sau khi nghiền (mm)		
	0,20	0,15	0,075
25	1,31	0,95	0,41
19	1,57	1,01	0,51
12	1,91	1,25	0,58
6	2,40	1,50	0,66

- Đối với máy nghiền thùng dài, nhiều ngăn

$$Q = 6{,}45 . V \sqrt{D_t} . \left(\sqrt{\frac{M_b}{V}}\right)^{0,8} . q . K', \quad (t/h) \qquad (3.207)$$

V - thể tích bên trong thùng nghiền - m^3

D_t - đường kính trong của thùng nghiền - m

M_b - khối lượng bi nghiền trong thùng - tấn

q - năng suất riêng của máy nghiền - tấn/kW - h

K' - hệ số hiệu chỉnh độ mịn

Giá trị M_b được xác định theo công thức sau:

$$M_b = V . \rho_b . g . \mu . \varphi \qquad (3.208)$$

ρ_b - Khối lượng riêng của vật liệu chế tạo bi nghiền - t/m^3

μ - Hệ số rỗng, có giá trị từ 0,62 ÷ 0,85

φ - Hệ số chứa

Đối với bi thép hình cầu φ = 0,25 ÷ 0,33

Đối với bi thép hình trụ φ = 0,25 ÷ 0,33

Đối với bi sứ φ = 0,3 ÷0,4

q - phụ thuộc vào tính chất vật liệu nghiền và điều kiện nghiền và được chọn theo bảng.

Bảng 3.8: Giá trị năng suất riêng q

Vật liệu nghiền	Giá trị q - tấn/kW-h	
	Nghiền ướt	Nghiền khô
Đá vôi có:		
- Độ cứng cao	0,04 ÷ 0,05	0,04 ÷ 0,05
- Độ cứng trung bình	0,07 ÷ 0,09	0,06 ÷ 0,07
- Độ cứng thấp	0,10 ÷ 0,12	0,08 ÷ 0,10
Hỗn hợp đá vôi, đất sét có		
- Độ cứng cao	0,05 ÷ 0,07	0,05 ÷ 0,06
- Độ cứng trung bình	0,07 ÷ 0,09	0,07 ÷ 0,08
- Độ cứng thấp	0,10 ÷ 0,15	0,08 ÷ 0,10
Clanhke		0,036 ÷ 0,04
Xỉ lò cao		0,035 ÷ 0,04
Cát thạch anh		0,03

Bảng 3.9: Giá trị hệ số hiệu chỉnh độ mịn K'

Phần trăm khối lượng tích lũy trên rây 0,085mm	K'	Phần trăm khối lượng tích lũy trên rây 0,085 mm	K' 2
2	0,59	11	1,04
3	0,65	12	1,04
4	0,71	13	1,13
5	0,77	14	1,17
6	0,82	15	1,21
7	0,86	16	1,25
8	0,91	18	1,34
9	0,95	20	1,42
10	1,00		

5. Công suất máy nghiền bi

Công suất máy nghiền bao gồm:

- Công suất để nghiền vật liệu - N_1
- Công suất để thắng lực ma sát trong các ổ đỡ N_2.

Vậy công suất tổng cộng sẽ là:

$$N = N_1 + N_2 \tag{3.209}$$

- Công suất N_1 bao gồm công suất nâng vật liệu lên độ cao rơi và tạo vận tốc ban đầu cho khối vật liệu nghiền và bi nghiền.

$$N_1 = \frac{(A_1 + A_2)\, n \, . \, Z}{60 \, . \, 10^3}, \quad (\text{ kW }) \tag{3.210}$$

n - số vòng quay của máy vg/ph

z - Số chu kì chuyển động của bi nghiền trong máy nghiền:

Có thể tính:

$$z = 2{,}23 \, . \, \varphi^{0{,}24}$$

φ - hệ số chứa đầy.

A_1 - Công để nâng vật liệu và bi nghiền lên độ cao rơi:

$$A_1 = G \, . \, h \, , \quad (\text{N.m})$$

G - tải trọng của bi nghiền và vật liệu trong thùng (N)

$$G = (M_b + M_{VL})\,g.$$

M_b, M_{VL} - khối lượng bi nghiền và vật liệu nghiền (kg)

h - chiều cao nâng:

$$h = (1 + \cos\alpha)\,R_t, \quad m$$

Với $\alpha = 54°40'$

A_2 - Động năng của khối vật liệu nghiền và bi nghiền

$$A_2 = \frac{G \cdot v_{tt}^2}{2g} = \frac{G}{2g}\left(\frac{\pi \cdot n}{30} \cdot R_{tt}\right)^2, \quad (N.m) \tag{3.211}$$

R_{tt} - Bán kính trọng tâm của khối vật liệu nghiền và bi nghiền trong thùng, m

v_{tt} - Vận tốc trọng tâm của khối vật liệu nghiền và bi nghiền trong thùng, m/s

Khi $\varphi = 0{,}4$ thì $R_{tt} = 0{,}785\,R_t$

- Công suất N_2 dùng để khắc phục lực ma sát được xác định như sau:

$$N_2 = \frac{P \cdot \mu \cdot v_2}{10^3}, \quad (kW) \tag{3.212}$$

μ - hệ số ma sát ở gối đỡ.

$$\mu = 0{,}07 \div 0{,}1$$

v_2 - vận tốc vòng ở cổ trục, m/s

$$v_2 = \frac{\pi n}{30} \cdot R_2$$

R_2 - bán kính cổ trục - m

P - Tải trọng tổng cộng lên các gối đỡ, được xác định theo sơ đồ sau:

M - Trọng tâm khối vật liệu nghiền và bi nghiền.

γ - góc tạo bởi hướng tác dụng của lực ly tâm vào trọng tâm và trục thẳng đứng.

G_t - trọng lượng của thùng nghiền và các chi tiết trên phần thùng (N)

$$G_t = M_t \cdot g$$

M_t - khối lượng thùng nghiền, kg

G_c - trọng lượng khối vật liệu quay theo thùng, N.

Hình 3.51: Sơ đồ xác định tải trọng

$$G_c = 0{,}538\ G$$

G - Tổng tải trọng của máy nghiền

$$G = M.g$$

M - Khối lượng, kg

$$P = \sqrt{(G_t + G_c + P_d)^2 + P_n^2}, \quad (N) \qquad (3.213)$$

Với:

$P_n = P_{lt} . \sin\gamma$

$P_d = P_{lt} . \cos\gamma$

$$P_{lt} = \frac{G_c}{g} . \left(\frac{\pi n}{30} . R_{tt}\right)^2 / R_{tt}, \quad (N) \qquad (3.214)$$

$$\gamma = \left[(2\pi - \alpha - \frac{\pi}{2} - \beta) / 2\right] - \left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)$$

Với $\alpha = 54°40'$; $\beta = 3\alpha - \frac{\pi}{2}$

Có thể sử dụng công thức thực nghiệm của Levenson L.B để xác định công suất máy nghiền bi:

$$N = 0{,}736 . C . G\sqrt{D_t}, \quad (kW) \qquad (3.215)$$

G - Khối lượng vật liệu và bi nghiền trong thùng - kg.

D_t - Đường kính thùng nghiền - m

C - Hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào loại bi nghiền và hệ số chứa đầy φ, có giá trị trong bảng sau

Bảng 3.10: Giá trị hệ số C

Loại bi nghiền	Hệ số chứa đầy φ				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Bi sứ	13,3	12,25	11,1	9,5	7,8
Bi thép nhỏ	11,9	11,1	9,9	8,5	7,0
Bi thép lớn	11,5	10,6	9,5	8,2	6,8

Bảng 3.11 Năng suất và công suất máy nghiền bi

Kích thước,m Đường kính x dài	K.lượng bi nghiền, kg	Số vòng quay,v/ph	Năng suất trung bình T/24h			Công suất động cơ, HP
			12,5 mm còn 48 mesh	12,5 mm còn 65 mesh	6,5mm còn 100 mesh	
0,96x0,6	500	35	12	9	5	6-8
0,9x1,2	1.000	35	24	18	10	12-15
1,2x1,2	1650	30	42	30	20	20-25
1,5x1,2	2500	29	80	55	30	30-40
1,5x1,8	3750	29	120	85	50	40-50
1,8x1,8	6000	25	250	175	100	90-120
1,8x3,6	12000	25	500	340	200	150-200
3x2,7	37000	17	1500	1100	650	550-600
Máy nghiền bi hình trụ hai đầu côn						
0,6x0,4	300	40	4	3	2	2
0,9x0,4	550	35	12	10	9	5-8
0,9x0,6	1000	35	17	15	13	10
1,5x0,9	4750	28	100	80	60	40-50
2,1x1,2	13500	23	300	220	150	125
3,6x1,8	55.000	16	1800	1400	1000	700-800

§ BÀI TẬP

3.1 Máy nghiền nón được dùng để nghiền 2T pyrit/h. Hiệu suất năng lượng cho quá trình nghiền là 3,15 phần trăm. Nhập liệu vào máy là sản phẩm của máy đập má. Máy nghiền nón hoạt động trong chu trình nghiền kín với lưới sàng 14 mesh. Kết quả phân tích rây cho sản phẩm máy nghiền nón và dòng hoàn lưu được cho ở bảng 3.12.

Công suất tiêu thụ cho máy nghiền nón khi hoạt động hết tải là 5HP. Tỉ số dòng hoàn lưu/dòng sản phẩm bằng 1. Cho biết các giả sử cần thiết và chọn máy nghiền đập má.

Bảng 3.12: Kết quả phân tích rây cho sản phẩm và dòng hoàn lưu

Sản phẩm		Dòng hoàn lưu	
Mesh	% khối lượng	Mesh	% khối lượng
14-20	29,8	3-4	3,8
20-28	30,2	4-6	10,0
28-35	25,0	6-8	19,6
35-48	9,6	8-10	26,0
48-65	3,8	10-14	36,6
65-100	1,6	14-20	4,6
	100,0		100,0

3.2 Máy nghiền bi hoạt động trong chu trình kín với thiết bị phân loại được dùng để nghiền quặng calcit sau khi đã được nghiền sơ bộ bằng máy nghiền đập má. Phân tích rây cho các dòng khác nhau được trình bày ở bảng 3.13.

Nhập liệu vào máy nghiền bi có năng suất là 25t/h, ước tính có bề mặt riêng là 292g/cm^2. Khi máy nghiền bi hoạt động với dòng hoàn lưu 75t/h thì công suất cần thiết cho máy nghiền hoạt động là 75 kW. Xác định hiệu suất của máy nghiền.

Bảng 3.13 : Kết quả phân tích rây cho các dòng vật liệu của máy nghiền bi

Rây chuẩn Tyler	Dòng nhập liệu, % khối lượng giữ lại	Dòng hoàn lưu, % khối lượng giữ lại	Dòng sản phẩm, % bị giữ lại
13,12 mm - 9,35 mm	1,7		
9,35 mm - 3 mesh	20,1	6,3	
3 mesh - 4 mesh	17,9	7,0	
4 - 6	12,1	8,2	
6 - 8	8,6	9,3	
8 - 10	5,5	3,0	
10 - 14	1,7	15,1	
14 - 20	2,7	16,9	
20 - 28	3,5	20,7	
28 - 35	2,9	3,1	4,2
35 - 48	1,9	2,8	12,7
48 - 65	2,0	1,4	19,3
65 - 100	1,7	1,2	13,7
100 - 150	1,7	0,8	11,7
150 - 200	1,5	0,6	9,8
200	8,5	3,0	28,6
Tổng cộng	100,0	100,0	100,0

3.3. Một nhà máy xi măng nghiền một loại vật liệu có tỉ trọng 3,8 bằng loại máy nghiền đĩa hoạt động theo chu trình kín với lưới rây 65 mesh. Phần vật liệu qua rây hoàn toàn đi qua rây 35 mesh. Năng lượng để tạo nên 140 cm^2 diện tích bề mặt mới là 1,4J.

a) Nếu hiệu suất của máy nghiền là 18% và nhập liệu, sản phẩm có kết quả phân tích rây như ở bảng 3.14, tính công suất của máy nghiền.

b) Hiệu suất của sàng?

Bảng 3.14 Kết quả phân tích rây cho bài tập 3.3

Mesh	Nhập liệu, % khối lượng	Sản phẩm % khối lượng	Phần trên rây 65 mesh % khối lượng
-3 + 4	0,05		
-4 + 6	0,10		
-6+8	0,20		
-8+10	0,30		
-10+14	0,20	0,01	0,05
-14+20	0,10	0,08	0,10
-20+28	0,05	0,16	0,20
-28+35		0,24	0,30
-35+48		0,17	0,2025
-48+65		0,10	0,0975
-65+100		0,08	0,05
-100+150		0,06	
-150+200		0,01	
-200+270		0,02	
-270+400		0,01	

3.4. Máy nghiền bi dùng để nghiền 150T/ngày quặng pyrit. Nguyên liệu và sản phẩm có kết quả phân tích rây cho ở bảng 3.15. Lượng bi nạp vào máy sao cho hiệu suất nghiền đạt 32 phần trăm.

a) Chọn kích thước máy nghiền bi?

b) Công suất động cơ ?

c) Hiệu suất sử dụng năng lượng tổng quát của máy nghiền.

Bảng 3.15 Kết quả phân tích rây cho bài tập 3.4

Mesh	Nhập liệu,%k.lượng	Sản phẩm,%k.lượng
-3 + 4	0.036	
- 4 + 6	0.192	
- 6 + 8	0.365	
- 8 + 10	0,284	0,010
- 10 + 14	0.123	0,072
- 14 + 20		0,228
- 20 + 28		0,295
- 28 + 35		0,170
- 35 + 48		0,098
- 48 + 65		0,072
- 65 + 100		0,046
- 100 + 150		0,009
- 150 + 200		0,002

3.5 Một máy nghiền được dùng để nghiền một loại quặng. Thí nghiệm cho thấy hiệu suất, sử dụng nặng lượng cho việc tạo nên bề mặt mới là 8%. Kết quả phân tích rây cho nhập liệu và sản phẩm được trình bày trên bảng 3.16.

Bảng 3.16 Bảng phân tích rây cho bài tập 3.5

Mesh	Nhập liệu % k.lượng	Sản phẩm% k.lượng
-6 + 8	0,113	
- 8 + 10	0.241	
-10 + 14	0.230	
- 14 + 20	0.186	0.098
- 20 + 28	0,120	0,234
- 28 + 35	0.076	0.277
- 35 + 48	0.034	0.149
- 48 + 65		0,101
- 65 + 100		0,068
- 100 + 150		0,011
- 150 + 200		0,029

Nếu máy nghiền có năng suất 10 tấn/h trị giá 50 triệu đồng, máy hoạt động 24h/ngày và 300 ngày/ năm thì chi phí bảo trì, phụ tùng thay thế chiếm 50% chi phí điện năng. Chi phí điện năng là 1000/kW.h

Nếu máy khấu hao tuyến tính và tuổi thọ của máy ước tính khoảng 10 năm. Tính chi phí nghiền 1T quặng?

3.6 Một loại đá được nghiền bằng máy nghiền nón.

Nhập liệu đồng nhất gồm các hạt cầu đường kính 50mm. Phân tích vi phân kết quả rây sản phẩm được cho trong cột 1 bảng 3.17. Công suất cần thiết để nghiền vật liệu này là 575hp/t.

Bảng 3.17 : Số liệu cho bài tập 3.6

Mesh	Sản phẩm	
	Nghiền lần 1	Nghiền lần 2
-4 + 6	3,1	
-6 + 8	10,3	3,3
-8 + 10	20,0	8,2
-10 + 14	18,6	11,2
-14 + 20	15,2	12,3
-20 + 28	12,0	13,0
-28 + 35	9,5	19,5
-35 + 48	6,5	13,5
-48 + 65	4,3	8,5
-65	0,5	
-65 + 100		6,2
-100 + 150		4,0
-150		0,3

Công suất để chạy không tải máy nghiền là 15 hp. Bằng cách giảm khoảng hở giữa các trục nghiền, phân tích vi phân kết quả phân tích rây sản phẩm cho trong cột 2 bảng 3.17

a) Theo định luật Rittinger, công suất cần thiết để thực hiện quá trình nghiền thứ hai.

b) Theo định luật Bond, ước tính công suất cần thiết cho mỗi quá trình nghiền trên?

3.7. Trong một máy nghiền đập má cần tác động một lực tối đa 10T. Khoảng cách thanh truyền và má đập là 1050 mm.

Góc β tối đa là 85°. Xác định lực tối đa trên thanh truyền khi má di động gần với má cố định nhất. Xác định lực tác động lên hạt tại vị trí cách miệng 300 mm?

3.8. Xác định vận tốc tới hạn, v/ph, cho máy nghiền bi có đường kính trong 1200 mm chứa các viên bi có đường kính 75 mm?

3.9. Vật liệu được nghiền trong máy đập má có kích thước hạt là 50mm giảm xuống còn 12,5mm, công suất tiêu thụ là 5Hp h/t. Tìm công suất tiêu thụ để nghiền cùng loại vật liệu có kích thước ban đầu là 75mm giảm xuống còn 25mm trong hai trường hợp:

a) Áp dụng định luật Rittinger.

b) Áp dụng định luật Kick.

3.10. Máy nghiền trục có đường kính trục nghiền là 1000mm, khe hở giữa hai trục nghiền là 12,5mm, góc ôm $\alpha = 62°$. Xác định kích thước cực đại của hạt nhập liệu.

Nếu năng suất thực của máy bằng 12% năng suất lý thuyết, hãy tính năng suất thực của máy (T/h) nếu n = 100 v/ph; chiều dài trục nghiền là 400mm, nguyên liệu có $\rho = 2{,}4T/m^3$, độ xốp E = 0,25.

3.11. Tính công suất để nghiền 100 tấn đá vôi trong một giờ nếu 80% phần nhập liệu đi qua rây 50mm và 80% phần sản phẩm đi qua rây 3mm. Chỉ số công suất nghiền là 12,74KW h/T, quá trình nghiền khô.

3.12. Máy nghiền trục nghiền vật liệu hình cầu có đường kính 37,5mm thành sản phẩm có đường kính 12,5mm. Xác định đường kính trục nghiền, nếu hệ số ma sát giữa vật liệu và trục nghiền là 0,29.

Chương 4

TRỘN VẬT LIỆU RỜI

§ 4.1. CƠ SỞ CỦA QUÁ TRÌNH TRỘN VẬT LIỆU RỜI

4.1.1. Mục đích:

Trộn là quá trình tạo một hỗn hợp đồng nhất từ các thành phần rắn(hay lỏng) khác nhau dưới tác dụng của lực cơ học. Hỗn hợp đồng nhất có thể là hỗn hợp vật liệu rời khi ta trộn hai hay nhiều chất rắn với nhau hay là hỗn hợp bột nhão, dẻo khi ta trộn chất rắn với chất lỏng. Thí dụ như sản xuất thức ăn gia súc, xi măng, phân bón, mỹ phẩm, thực phẩm đóng hộp...

Ngoài ra trong công nghiệp quá trình trộn còn giúp tăng cường quá trình truyền nhiệt hay phản ứng giữa một chất rắn với một chất khí thí dụ như quá trình sấy, đốt quặng, polymer hóa chất dẻo, sản xuất chất xúc tác. Quá trình trộn còn có thể dùng để tạo một lớp áo quanh hạt vật liệu rời như sản xuất phẩm màu, thuốc nhuộm, dược phẩm, kẹo. Trong trường hợp này một ít chất lỏng được thêm vào hỗn hợp trộn. Đôi khi quá trình trộn được kết hợp với quá trình nghiền nhỏ vật liệu. Khi đó máy trộn có kết cấu chi tiết khác với máy trộn thuần túy.

Trong chương này chỉ trình bày các máy trộn thuần túy để tạo hỗn hợp vật liệu rời đồng nhất. Các máy trộn chuyên dùng để thực hiện các nhiệm vụ khác được trình bày trong các tài liệu chuyên đề.

4.1.2. Các tính chất ảnh hưởng đến quá trình trộn:

Sự khác biệt nhiều về tính chất của các loại vật liệu như: sự phân phối cỡ hạt, khối lượng riêng, hình dạng, và đặc trưng bề mặt (như lực tĩnh điện) có thể làm cho quá trình trộn trở nên rất khó khăn. Thực tế, các tính chất của vật liệu chi phối quá trình trộn, những tính chất đó là:

(1) Sự phân phối cỡ hạt: Sự phân phối quá rộng cỡ hạt sẽ ảnh hưởng xấu đến quá trình trộn.

(2) Khối lượng riêng xốp: Khối lượng riêng xốp thay đổi trong suốt quá trình trộn, có thể giảm do bọng khí trong khối hạt hoặc tăng do rung động hoặc nén cơ học.

(3) Khối lượng riêng của vật liệu: Vật liệu đem trộn có khối lượng riêng khác xa nhau sẽ ảnh hưởng xấu đến quá trình trộn.

(4) Hình dạng hạt: Có thể có các dạng phiến, hình trứng, khối lập phương, cầu, dĩa, thanh, sợi, tinh thể hoặc dạng bất kỳ.

(5) Đặc trưng bề mặt: Bao gồm diện tích bề mặt và khuynh hướng tích điện. Lực tĩnh điện có ảnh hưởng xấu đến quá trình trộn.

(6) Đặc trưng lưu chuyển: Đó là góc nghiêng tự nhiên và khả năng lưu chuyển. Góc nghiêng tự nhiên càng lớn cho thấy khả năng lưu chuyển càng thấp.

(7) Tính dễ vỡ (dòn): Đây là tính chất dễ vỡ vụn của vật liệu trong quá trình sử dụng. Nếu vật liệu chỉ cần trộn mà không nghiền thì tính chất này ảnh hưởng xấu đến chất lượng của sản phẩm trộn. Ngoài ra tính chất mài mòn của vật liệu này trên vật liệu khác cũng có ảnh hưởng tương tự.

(8) Tính kết dính: Các hạt cùng loại có khuynh hướng kết dính lại với nhau sẽ cản trở quá trình trộn.

(9) Độ ẩm của vật liệu: Thường một lượng nhỏ chất lỏng được thêm vào để giảm bụi hoặc đáp ứng một yêu cầu đặc biệt (chẳng hạn dầu cho mỹ phẩm). Hỗn hợp vẫn ở trạng thái khô chớ không phải dạng nhão.

(10) Khối lượng riêng: Độ nhớt và sức căng bề mặt của chất lỏng thêm vào tại nhiệt độ làm việc.

(11) Nhiệt độ giới hạn của vật liệu: Phải chú ý đến sự biến đổi nhiệt độ có thể xảy ra (như nhiệt phản ứng).

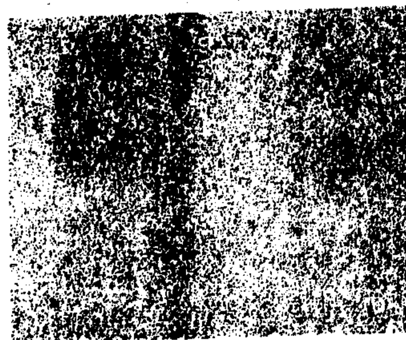
Trước khi chọn lựa một máy trộn cần xem xét kỹ các tính chất trên của vật liệu đem trộn.

4.1.3. Phương pháp trộn và cách đánh giá mức độ trộn:

Khi trộn vật liệu hạt, các hạt chịu tác dụng của những lực cơ học có hướng khác nhau và dẫn tới chuyển động của các hạt trong thể tích khối hạt. Quá trình chuyển động của các hạt phụ thuộc vào cấu tạo máy trộn, phương pháp tiến hành quá trình trộn. Trong máy trộn có năm quá trình cơ bản xảy ra:

- Tạo ra các lớp trượt với nhau theo các mặt phẳng trộn cắt.

- Chuyển dịch một nhóm hạt từ vị trí này đến vị trí khác - trộn đối lưu.



Hình 4.1 Sự sắp xếp ngẫu nhiên khi trộn hai lượng bằng nhau hạt trắng hạt đen.

- Thay đổi vị trí từng hạt riêng rẽ - trộn khuếch tán.
- Phân tán từng phân tử do va đập vào thành thiết bị - trộn va đập.
- Biến dạng và nghiền nhỏ từng bộ phận - trộn nghiền.

Những cơ chế trộn trên xảy ra riêng rẽ hay đồng thời với những mức độ khác nhau tùy thuộc vào loại máy trộn và vật liệu trộn

Để đánh giá độ đồng đều của hỗn hợp sau khi trộn ta có khái niệm mức độ trộn.

Khi trộn một khối lượng a chất A với khối lượng b chất B để tạo thành hỗn hợp đồng nhất AB. Thành phần của chất A và B trong hỗn hợp đó là:

$$C_A = \frac{a}{a+b} \quad \text{và} \quad C_B = \frac{b}{a+b} \qquad (4.1)$$

Trong hỗn hợp lý tưởng C_A và C_B sẽ như nhau ở mỗi phần thể tích. Hỗn hợp lý tưởng này chỉ đạt được khi thời gian trộn tiến tới vô cùng và không có các yếu tố chống lại quá trình trộn.

Trong thực tế thời gian trộn bị giới hạn, do đó trong hỗn hợp thực các thành phần C_A và C_B ở các phần thể tích khác nhau của hỗn hợp sẽ khác nhau. Nếu sự khác nhau này càng ít thì hỗn hợp càng gần với hỗn hợp lý tưởng.

Để đánh giá mức độ đồng đều của hỗn hợp thực ta có thể sử dụng đại lượng "độ sai lệch bình phương trung bình". Nếu trong phần thể tích V_i của hỗn hợp thực có thành phần chất A là C_{iA} và của chất B là C_{iB}, lúc đó " độ sai lệch bình phương trung bình" của hỗn hợp thực sẽ là

$$s_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(C_A - C_{iA})^2}{N-1}} \qquad (4.2)$$

$$s_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(C_B - C_{iB})^2}{N-1}} \qquad (4.3)$$

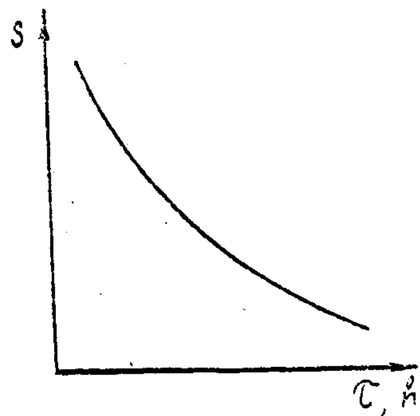
Với

C_A, C_B: thành phần chất A và chất B trong hỗn hợp lý tưởng

C_{iA}, C_{iB}: thành phần chất A và chất B trong thể tích mẫu Vi.

N: số thể tích mẫu Vi.

Như vậy s_A và s_B càng nhỏ thì mức độ đồng đều của hỗn hợp càng cao càng gần với hỗn hợp lý tưởng. Giá trị của s_A và s_B phụ thuộc cơ bản vào thời gian trộn τ. Quan hệ đó được biểu diễn trên hình 4.2.



Hình 4.2: Quan hệ giữa độ sai lệch bình phương trung bình và thời gian trộn.

Để đánh giá mức độ trộn của hỗn hợp ta có thể sử dụng một đại lượng khác là "chỉ số trộn"

$$I_s = \frac{\sigma_e}{s} \qquad (4.4)$$

Với σ_e là độ lệch chuẩn lý thuyết

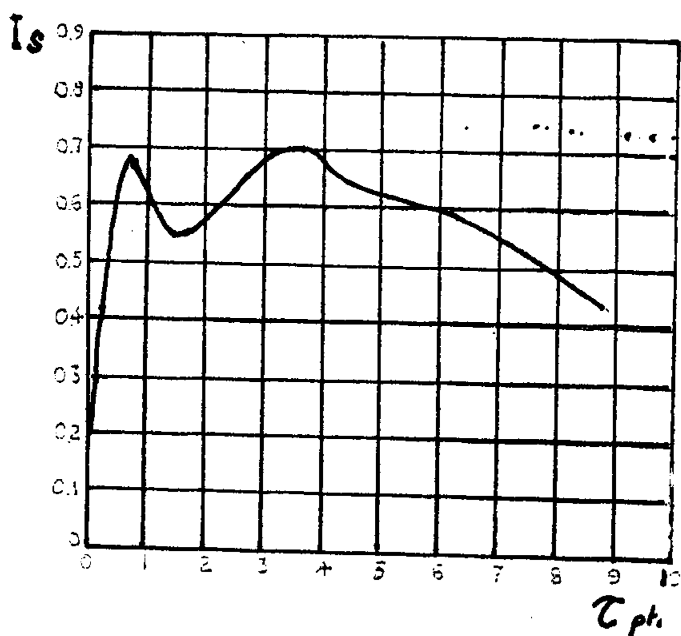
$$\sigma_e = \sqrt{\frac{C_A \cdot C_B}{n}} \qquad (4.5)$$

Thay các biểu thức (4.2) và (4.5) vào (4.4), ta được:

$$I_s = \sqrt{\frac{C_A \cdot C_B (N-1)}{n \sum_{i=1}^{N} (C_A - C_{iA})^2}} \qquad (4.6)$$

với n là số hạt trong một thể tích mẫu hỗn hợp

Như vậy I_s càng lớn thì mức độ đồng đều của hỗn hợp trộn càng cao. Quan hệ giữa chỉ số trộn I_s theo thời gian trộn τ được trình bày trên hình 4.3 cho quá trình trộn cát và muối trong máy trộn thùng quay. Trên hình vẽ cho thấy trong 40 phút đầu I_s tăng từ trị số rất thấp đến 0,7, sau đó dao động trong khoảng thời gian từ 0,55 đến 0,7 và sau đó với thời gian trộn rất lâu, I_s bắt đầu giảm dần. Quá trình trộn khởi đầu rất nhanh nhưng với loại máy trộn này hỗn hợp thường không đều hoàn toàn một cách ngẫu nhiên.



Hình 4.3: Quan hệ giữa I_s và thời gian trộn trong máy trộn thùng quay

Các lực chống lại quá trình trộn thường là lực tĩnh điện, luôn luôn hiện diện trong quá trình trộn bột khô và có ảnh hưởng rất đáng kể. Các lực này có khuynh hướng chống lại quá trình trộn hoàn toàn, khi thời gian trộn quá lâu, như trên hình 4.3 cho thấy, quá trình sẽ ngược lại, vật liệu có khuynh hướng tách rời và các vật liệu cùng loại sẽ kết dính lại.

4.1.4 Thời gian trộn

(1) Chỉ số trộn tại thời điểm zero:

Với giá trị n trong các phương trình trên bằng 1, nghĩa là C_{iA} bằng 1 hoặc 0 và C_{iB} ngược lại, không có giá trị trung gian. Điều này đồng nghĩa với hỗn hợp hoàn toàn không được trộn với thể tích mẫu bất kỳ. Ta có biểu thức định nghĩa chỉ số trộn tại thời điểm zero, tức là trước khi quá trình trộn bắt đầu

$$I_{s,o} = \frac{\sigma_e}{\sigma_0} = \frac{1}{\sqrt{n}} \qquad (4.7)$$

Với σ_0: là độ lệch chuẩn tại thời điểm zero = $\sqrt{C_A \cdot C_B}$

(2) Tốc độ trộn và thời gian trộn:

Trong quá trình trộn, cũng như các quá trình khác, tốc độ tỉ lệ với động lực. Chỉ số trộn I_s là độ đo mức độ tiến đến cân bằng quá trình.

Thực nghiệm cho thấy trong khoảng thời gian trộn ngắn tốc độ biến đổi I_s tỉ lệ thuận với 1- I_s, hay

$$\frac{dI_s}{d\tau} = k\,(1-I_s) \qquad (4.8)$$

Giá trị cân bằng của I_s bằng 1, do đó động lực cho quá trình trộn tại thời điểm bất kỳ là $1 - I_s$.

Sắp xếp lại và lấy tích phân phương trình (4.8), ta được

$$\int_0^{\tau} d\tau = \frac{1}{k}\int_{I_{s,o}}^{I_s} \frac{dI_s}{1-I_s} \qquad (4.9).$$

hay thời gian trộn

$$\tau = \frac{1}{k}\ln\frac{1-I_{s,o}}{1-I_s} \qquad (4.10).$$

Thay phương trình (4.7) vào (4.10)

$$\tau = \frac{1}{k}\ln\frac{1-1/\sqrt{n}}{1-I_s} \qquad (4.11).$$

Phương trình (4.11) có thể được dùng để tính thời gian trộn để đạt mức độ trộn mong muốn khi biết k và không có các lực chống lại quá trình trộn.

Giá trị của các hằng số k trong các phương trình trên phụ thuộc vào độ lệch bình phương trung bình s, các thông số hình học của máy trộn và tính chất vật liệu trộn

$$k = f(s \,.\, D \,.\, d \,.\, H \,.\, \rho) \qquad (4.12)$$

s : độ sai lệch bình phương trung bình

D: đường kính thùng trộn

d : đường kính cánh trộn

H : chiều cao lớp vật liệu trộn

ρ: khối lượng riêng của vật liệu trộn

Thực tế hằng số k được xác định bằng thực nghiệm và có thể chọn trong giới hạn sau:

(1) Đối với máy trộn loại cánh có:

$$d = (0,85 \div 0,95)\ D$$

$$H = (0,7 \div 0,8)\ D$$

Giá trị k = 300 ÷ 400

(2) Đối với máy trộn trục vít có:

$$d_t = (0,9 \div 0,96)\ D$$

$$L = (8 \div 10)\ D$$

Giá trị k = 200 ÷300; với dt - đường kính vít trộn

L - chiều dài vít trộn

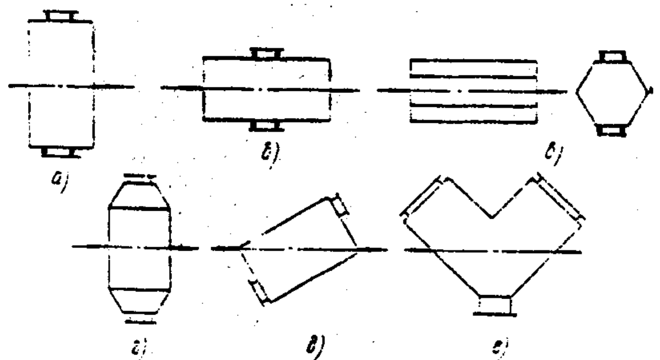
(3) Đối với máy trộn thùng quay

$$k = 200 \div 300$$

§ 4.2 PHÂN LOẠI VÀ CẤU TẠO MÁY TRỘN

Máy trộn vật liệu rời được chia làm 3 nhóm như sau:

- Loại máy trộn thùng quay .
- Loại máy trộn cánh
- Loại máy trộn vít tải



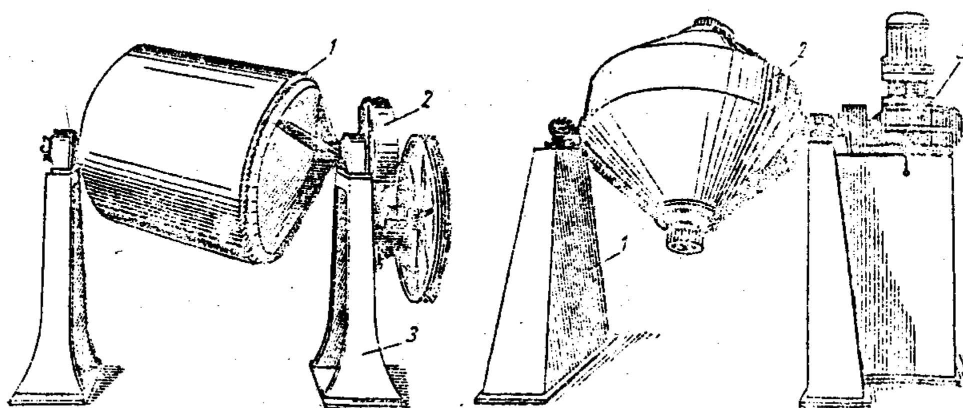
Hình 4.4: Các loại máy trộn thùng quay
a. Thùng quay hình trụ đứng; b. Thùng quay hình trụ nằm ngang;
c. Thùng quay hình lăng trụ; d. Thùng quay hình trụ đáy côn; e.f. Thùng quay hình chữ V

4.2.1 Máy trộn thùng quay:

Máy trộn thùng quay có cấu tạo gồm: thùng chứa vật liệu được truyền động quay qua các gối đỡ hay các trục được gắn với thùng. Khi thùng quay, dưới tác dụng của lực ly tâm, vật liệu trong thùng sẽ được nâng lên và rơi xuống tạo sự đảo trộn trong khối vật liệu.

Loại máy trộn này thường cấu tạo để hoạt động gián đoạn, hay liên tục. Đối với máy hoạt động gián đoạn trên thân máy có chế tạo một cửa để nhập và tháo vật liệu. Còn đối với máy hoạt động liên tục, việc nhập và tháo liệu được tiến hành qua hai lỗ ở hai đầu của thùng trộn; ngoài ra thùng trộn còn đặt nghiêng một góc so với mặt phẳng ngang để tạo dễ dàng cho sự di chuyển của vật liệu.

Thùng trộn có cấu tạo đa dạng: thùng hình trụ, hình côn, hình chữ V...để tăng khả năng đảo trộn vật liệu.

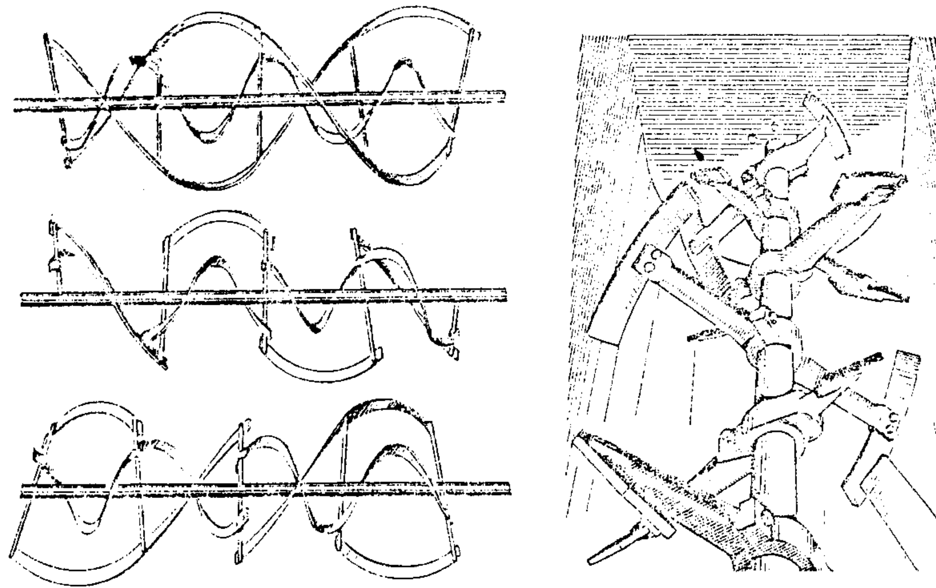


Hình 4.5: Máy trộn thùng quay hoạt động gián đoạn
a. Thùng quay hình chữ V b. Thùng quay đáy côn
1. Thùng trộn; 2. Cơ cấu truyền động; 3. Chân đỡ

Máy trộn thùng quay có ưu điểm là do cấu tạo đơn giản, năng suất lớn. Nhưng có nhược điểm là vật liệu có thể bị dập nát khi trộn

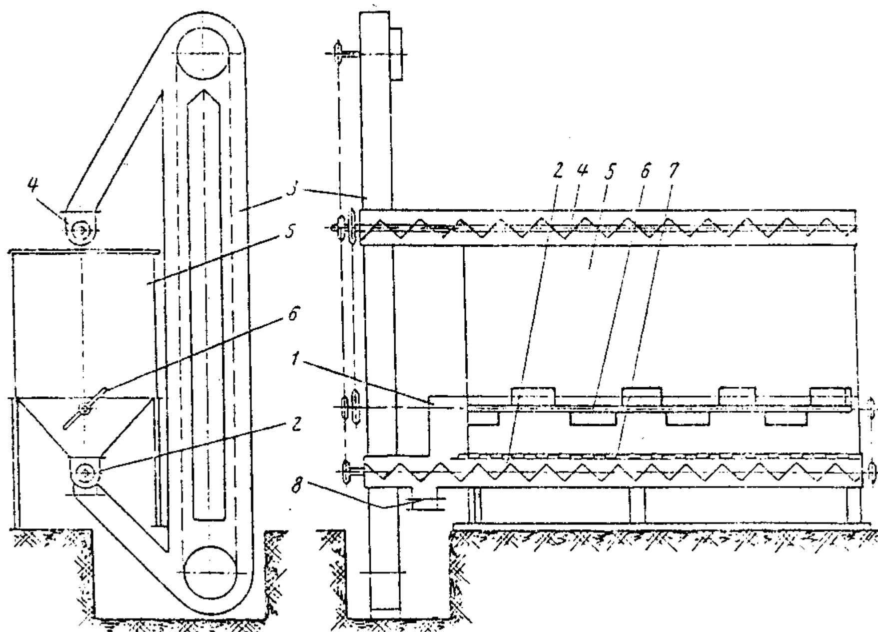
4.2.2: Máy trộn có cánh

Máy trộn có cánh cấu tạo gồm thùng trộn trong đó có các cánh trộn được gắn chặt với trục quay. Khi trục quay các cánh trộn sẽ quay và đảo trộn vật liệu trong thùng trộn. Nếu máy cấu tạo để hoạt động gián đoạn thì các cánh trộn được gắn vuông góc với trục quay. Nếu máy cấu tạo để hoạt động liên tục thì cánh trộn được gắn với trục quay thành hình vít xoắn để đẩy vật liệu chuyển động khi trộn.



Hình 4.6. Cánh trong trộn thùng
a. Máy trộn có cánh liền; b. Máy trộn có cánh rời

4.2.3. Máy trộn vít tải

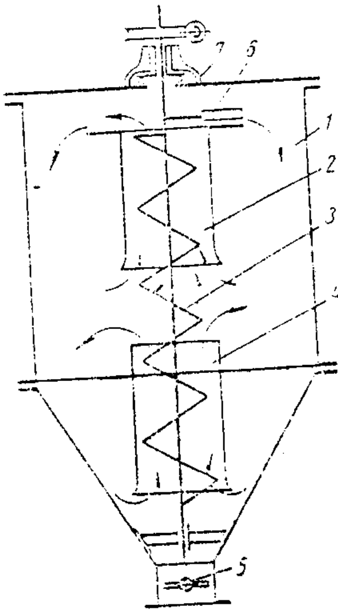


Hình 4.7: Máy trộn vít tải nằm ngang
1. Phễu nhập liệu 2. Vít tải dưới 3. Gàu tải 4. Vít tải trên 5. Bồn chứa 6. Cánh gạt 7. Lưới chặn 8. Ống tháo liệu

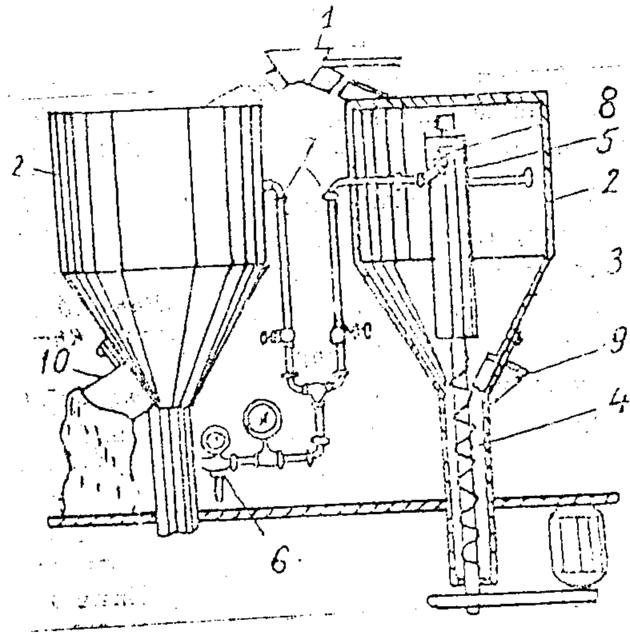
Máy trộn vít tải về cấu tạo cơ bản giống như máy trộn có cánh, chỉ khác ở chỗ là cánh trộn được làm dưới dạng vít tải.

Có hai loại máy trộn:

- Máy trộn vít tải nằm ngang.
- Máy trộn vít tải thẳng đứng.



Hình 4.8. Máy trộn vít tải thẳng đứng.
1. Bồn chứa. 2. Ống dẫn liệu trên. 3. Vít tải. 4. Ống dẫn liệu dưới. 5. Van xả liệu. 6. Cánh gạt. 7. Cơ cấu truyền động.

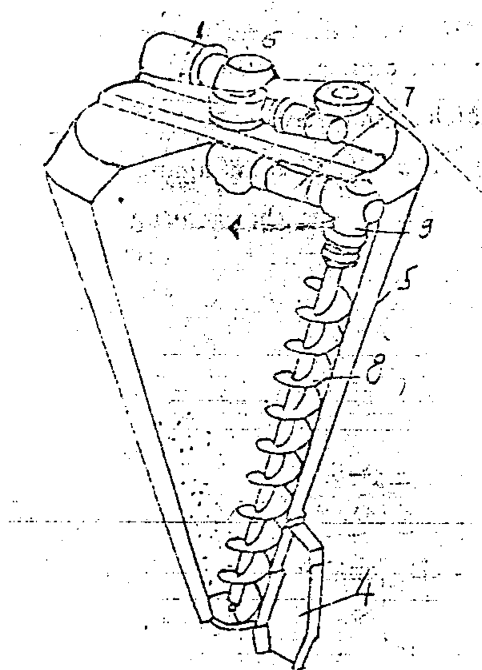


Hình 4.9: Thiết bị trộn gián đoạn của Mỹ.
1. Thùng phân phối liệu. 2.Thiết bị trộn 3. Đáy nón 4. Vít xoắn thành đứng. 5. Ống trung tâm. 6. Bơm. 7. Ống phân phối rỉ đường. 8. Vòi phun. 9, 10. Ống tháo sản phẩm.

Trên hình 4.8 là hệ thống thiết bị trộn hoạt động gián đoạn trong dây chuyền sản xuất thức ăn gia súc. Hệ thống thiết bị trộn này gồm thùng phân phối vật liệu 1 để rót lần lượt vật liệu vào các thùng trộn 2. Ở đây vật liệu sẽ tự chảy xuống phần đáy nón 3 và vào vít xoắn 4. Vít này đẩy vật liệu dọc lên theo ống 5 và tiếp tục thực hiện sự đảo trộn tuần hoàn. Rỉ đường được hệ thống bơm 6 đẩy qua nhánh ống 7 vào vòi phun 8 và được phun thành sương tạo điều kiện trộn đều với vật liệu ở ống 5 lên. Quá trình trộn gián đoạn trong mỗi thiết bị trộn riêng biệt 2 cho tới khi đạt yêu cầu được tháo qua ống 9 hoặc 10. Trong khi thiết bị trộn này hoạt động thì thiết bị trộn kia tháo sản phẩm và nạp nguyên liệu mới.

Cũng thuộc loại máy trộn hoạt động với vít xoắn nằm nghiêng được mô tả trên hình

4.10, gồm thùng trộn hình nón 5 trong đặt vít xoắn nghiêng 8. Vít xoắn đặt nghiêng theo độ nghiêng của đường sinh thùng trộn nón. Ngoài ra phía trên của vít còn được nối với cần 7 do động cơ 6 quay để quay vít 8 quanh trục thẳng đứng của thùng 5, nhằm đạt được khả năng trộn đồng đều vật liệu trong thùng trộn. Vít xoắn 8 được truyền động từ động cơ 1 qua hộp giảm tốc 3 tới khớp cac-đăng 9. Sau thời gian đảo trộn đạt yêu cầu, mở van chắn của ống tháo sản phẩm 4 để thu sản phẩm trộn.



Hình 4.10: Thiết bị trộn vít xoắn nằm nghiêng.
1. Động cơ. 2. Khớp nối. 3. Hộp giảm tốc. 4. Cửa tháo liệu. 5. Thùng trộn.
6. Động cơ. 7. Cần nối. 8. Vít trộn. 9. Khớp cacdan.

Máy trộn vít tải được ứng dụng nhiều trong trường hợp hỗn hợp trộn cần được vận chuyển từ vị trí này sang vị trí khác trong dây chuyền công nghệ. Các thông số của các dạng máy trộn có thể chọn từ bảng sau.

Bảng 4.1 : Thông số của các dạng máy trộn

Loại máy trộn	Hệ số chứa đầy, φ	Tỷ số giữa chiều dài và đường kính D/L	Số vòng quay n, v/ph
Máy trộn thùng quay			
Trục ngang	0,35 ÷0,50	1,0 ÷1,5	
Trục chéo	0,35 ÷0,50	1,0 ÷1,5	$\frac{20 \div 30}{\sqrt{D}}$
Chữ V	0,30 ÷0,40	1,5 ÷2,0	
Máy trộn có cánh gián đoạn	0,30 ÷0,40	2 ÷2,5	$\frac{10 \div 20}{d_t}$
Máy trộn vít tải liên tục	0,30 ÷0,40	5 ÷25	$\frac{20 \div 40}{d_t}$

Chú thích:

- D : Đường kính thùng trộn hay máng chứa , m
- d_t : Đường kính cánh trộn hay vít trộn, m

§ 4.3. TÍNH TOÁN MÁY TRỘN

4.3.1. Máy trộn thùng quay:

(1) Số vòng quay của máy trộn:

Số vòng quay của máy trộn thùng quay được xác định từ công thức thực nghiệm:

$$n = \frac{20 \div 30}{\sqrt{D}}, \quad v/ph \tag{4.9}$$

D - Đường kính thùng trộn, m.

(2) Thời gian trộn:

Được xác định từ công thức thực nghiệm đã nêu ở trên.

Đối với máy trộn làm việc liên tục, để đảm bảo thời gian trộn vật liệu trong thùng, chiều dài thùng trộn được xác định theo công thức sau:

$$L = K \cdot m \cdot D \cdot tg\alpha, \quad (m) \tag{4.10}$$

α = góc nghiêng của thùng so với phương nằm ngang

D : Đường kính thùng trộn , m

K : hệ số thực nghiệm : k = 200 ÷ 300

m : tỉ số giữa chu vi tiết diện chứa vật liệu trong thùng và chu vi thùng chứa.

(3) Năng suất của máy trộn thùng quay.

- Đối với máy trộn làm việc gián đoạn:

$$Q = \frac{60 \cdot v\rho\varphi}{\tau_1 + \tau_2}, \quad kg/h \tag{4.11}$$

Trong đó

V: thể tích thùng trộn, m^3

ρ: khối lượng riêng của vật liệu, kg/m^3;

φ: hệ số chứa vật liệu trong thùng được tra từ bảng 4.1

τ_1: thời gian trộn, phút.

τ_2: thời gian thao tác nhập liệu và tháo liệu, phút

- Với máy làm việc liên tục:

$$Q = 60 \cdot \varphi \cdot F_t \cdot \rho \cdot n \cdot m \cdot D \cdot tg\alpha, \quad kg/h \tag{4.12}$$

Trong đó

n : số vòng quay của thùng trộn , v / ph.

F_t: Diện tích tiết diện ngang của thùng trộn - m^2

(4) Công suất của máy trộn thùng quay

Công suất cần thiết của máy trộn thùng quay được xác định bằng công thức sau:

$$N = N_1 + N_2 + N_3, \quad (kW) \quad (4.13)$$

N_1: công suất để khắc phục ma sát ở ổ trục của thùng

$$N_1 = 1{,}04 . \frac{(m_t + m_{vl}) . g . \mu . r . n}{10^4}, \quad (kW) \quad (4.14)$$

m_t, m_{vl} : khối lượng của thùng trộn và vật liệu chứa trong thùng, kg

g : gia tốc trọng trường, m/s^2

μ : hệ số ma sát tại ổ trục; $\mu = 0{,}05 \div 1$;

r : bán kính ổ trục, m

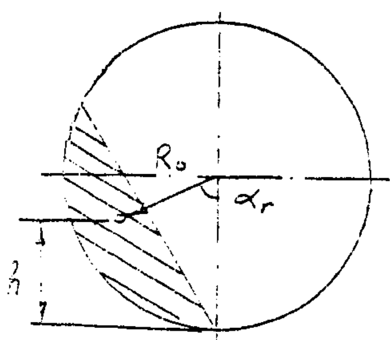
n : số vòng quay của thùng trộn, v/ph.

N_2: công suất để nâng sản phẩm trong thùng đến góc nghiêng tự nhiên được xác định như sau:

$$N_2 = \frac{m_{vl} . g . h}{10^3 . t}, \quad (kW) \quad (4.15)$$

h : chiều cao nâng trọng tâm khối vật liệu từ vị trí nằm ngang đến góc nghiêng tự nhiên α_r

$$h = R_o (1 - \cos\alpha_r); \ (m) \quad (4.16)$$



Hình 4.11: Sơ đồ tính h

R_o: bán kính từ tâm quay tới trọng tâm khối vật liệu, (m) ;

t : thời gian nâng vật liệu lên cao độ h, (s)

$t = \alpha_r / \omega$

α_r : góc nghiêng tự nhiên, rad.

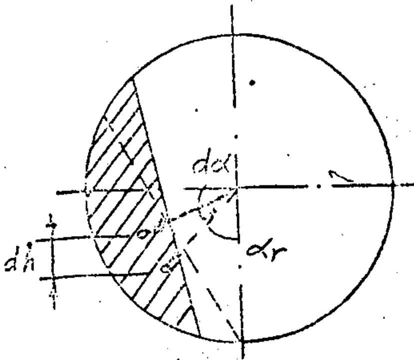
ω : vận tốc góc của thùng trộn, 1/s.

Thay các giá trị trên vào công thức tính N_2 ta có

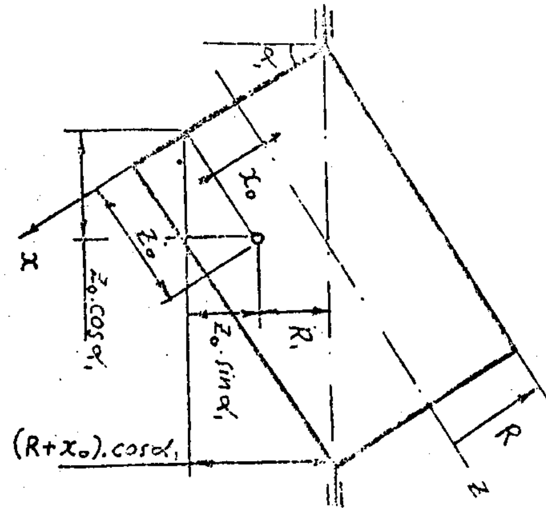
$$N_2 = \frac{m_{vl} . g . R_o (1 - \cos\alpha_r) . \omega}{10^3 . \alpha_r}, \ kW \quad (4.17)$$

Đối với máy trộn thùng quay làm việc liên tục ta có thể bỏ qua giá trị N_2 khi tính công thức máy.

N_3: công suất để đảo trộn vật liệu



Hình 4.12: Sơ đồ tính chiều cao nâng vật liệu



Hình 4.13: Sơ đồ tính máy trộn thùng quay trục chéo

$$N_3 = \frac{m_{vl} \cdot g}{10^3} \cdot \frac{dh}{dt}, \quad (kW) \tag{4.18}$$

dh: chiều cao nâng vật liệu từ góc nghiêng tự nhiên đến góc đảo trộn.

$dh = R_0 . \sin\alpha . d\alpha$

(xem hình 4.7)

dt: thời gian nâng tương ứng : $dt = \frac{d\alpha}{\omega}$

Trong các máy trộn thùng quay nằm ngang $\alpha = \alpha_r$.

Vậy:

$$N_3 = \frac{m_{vl} . g . \omega . R_0 . \sin\alpha_r}{10^3}, \quad (kW) \tag{4.19}$$

Trong các máy trộn trục chéo (hình 4.8) bán kính r_o và α là đại lượng thay đổi, do đó cần xác định tích số $R_o . \sin\alpha$ lớn nhất để có giá trị N_3 max. Theo Xocolop I.IA thì giá trị này lớn nhất khi $\alpha = \alpha_{max}$ và thỏa mãn điều kiện sau:

$$\alpha_{max} + tg\alpha_{max} = \alpha_r - \frac{R_1(\pi - 2\alpha_r)}{2(0,424 R\cos\alpha_1 - R_1)} \tag{4.20}$$

Để tìm giá trị ($R_0 \sin\alpha_{max}$) ta thay giá trị α_{max} tìm được từ công thức trên vào công thức dưới đây, ta có:

$$(R_o \sin\alpha)_{max} = R_1 \sin\alpha + \frac{2(0,424 . R\cos\alpha_1 - R_1)(\alpha - \alpha_r)\sin\alpha_{max}}{\pi - 2\alpha_r} \quad (4.21)$$

Trong đó

R_1: khoảng cách từ mặt thoáng đến trọng tâm khối vật liệu khi $\alpha = 0$, m

R_1 được xác định theo công thức sau:

$$R_1 = (R + x_o)\cos\alpha_1 - Z_o \sin\alpha_1 \quad (4.22)$$

Trong đó

x_o, Z_o: khoảng cách từ trọng tâm khối vật liệu (khi $\varphi = 0$) đến trục thùng và đáy dưới của thùng

$$x_o = 0,25 R \text{ và } Z_o = 0,625 R \operatorname{cotg}\alpha_1$$

Với R : bán kính thùng, (m)

α_1: góc tạo bởi đường kính chéo và trục thùng

Công suất động cơ được xác định như sau:

$$N_{dc} = \frac{N}{\eta} . K \quad (4.23)$$

K : hệ số dự trữ ; K = 1,2 ÷ 1,3.

η : hiệu suất truyền động

4.3.2 Máy trộn có cánh

(1) Số vòng quay của cánh trộn được xác định từ công thức thực nghiệm

$$n = \frac{10 \div 20}{d_t}, \quad v/ph. \quad (4.24)$$

d_t: đường kính vòng đầu mút cánh trộn, m

(2) Thời gian trộn được xác định theo phương pháp thực nghiệm đã nêu ở trên

(3) Năng suất máy trộn có cánh

Khi máy làm việc gián đoạn, công thức để tính năng suất tương tự như công thức dùng để tính năng suất máy trộn thùng quay hoạt động gián đoạn.

- Khi máy làm việc liên tục, năng suất của máy được xác định theo công thức sau:

$$Q = 47 . d_t^2 . S . n . \rho . \varphi . K_1 . \eta, \text{ kg/h} \quad (4.25)$$

d_t: Đường kính vòng đầu mút cánh trộn, m

S : Bước vít của cánh, m

n : Số vòng quay của trục trộn, v/ ph.

ρ: Khối lượng riêng của vật liệu trộn, kg/m^3;

φ: Hệ số chứa đầy vật liệu trong thùng trộn;

K_1: Hệ số liên của các cánh

$$K_1 = \sum l_c / L \qquad (4.26)$$

$\sum l_c$: tổng chiều dài hình chiếu cánh lên trục , m

L: chiều dài thùng trộn, m

η: hệ số tính tới ảnh hưởng của các khe hở

$\eta = 0,85 \div 0,95$

(4) Công suất của máy trộn có cánh

Công suất cung cấp cho máy trộn có cánh dùng để thắng trở lực theo phương tiếp tuyến và phương dọc trục

$$N = N_1 + N_2, \quad \text{kW} \qquad (4.27)$$

- N_1: công suất để thắng trở lực do vật liệu gây ra theo phương tiếp tuyến - kW

$$N_1 = 10^{-3} \sum_{i=1}^{Z} T_{1i} \cdot v_{1i} \quad , \text{kW} \qquad 4.28)$$

T_{1i}- thành phần lực cản (do vật liệu tác dụng lên cánh thứ i) theo phương tiếp tuyến N

v_{1i}: - vận tốc vòng của cánh tại điểm đặt lực T_{1i}, m/s

Thành phần lực cản T_{1i} được xác định theo công thức sau :

$$T_{1i} = \rho \cdot g \cdot h_i \cdot F_i \cdot tg^2\left(45^\circ + \frac{\alpha_r}{2}\right) \cdot (\cos\alpha_i + \mu\sin\alpha_i) \qquad (4.29).$$

Vận tốc vòng của cánh tại điểm đặt lực E_{1i} được tính :

$$v_{1i} = \omega \cdot r_i = \left(\frac{2R_t \cdot \cos\theta_i + b}{3\cos\theta_i}\right) \cdot \omega$$

N_2: Công suất để khắc phục trở lực dọc trục của vật liệu được xác định theo công thức:

$$N_2 = 10^{-3} \sum_{i=1}^{Z} T_{2i} \cdot v_{2i} \quad , \text{kW} \qquad (4.30)$$

Trong đó

T_{2i}: thành phần lực cản (do vật liệu tác dụng lên cánh thứ i) theo phương dọc trục - N

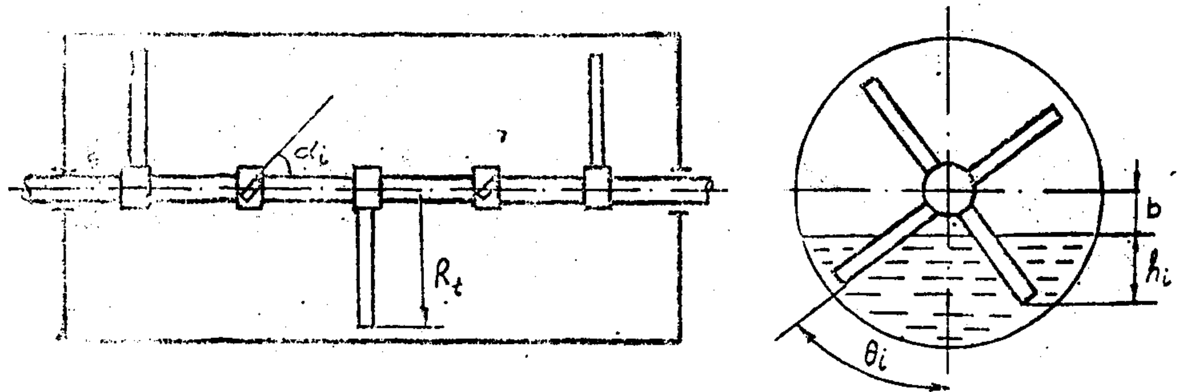
v_{2i}: vận tốc dọc trục của điểm đặt lực T_{2i}

Thành phần lực cản theo chiều dọc trục được xác định theo công thức

$$T_{2i} = \rho \,.\, g \,.\, h_i \,.\, F_i \,.\, tg^2\left(45^\circ + \frac{\alpha_r}{2}\right)(\sin\alpha_i - \mu\cos\alpha_i) \qquad (4.31)$$

Vận tốc dọc trục của điểm đặt lực T_{2i} được tính :

$$v_{2i} = 1{,}5 \,.\, K_1 \,.\, v_{1i} \,.\cos\alpha_i \,.\sin\alpha_i = 1{,}5 \,.\, K_1 \,.\, v_{1i} \,.\, \frac{\sin 2\alpha_i}{2} \qquad (4.32)$$



Hình 4.14: Máy trộn có cánh

Thay các giá trị trên vào công thức tính công suất trộn ta có:

$$N = 10^{-3} \,.\, \rho \,.\, g \,.\, \omega \,.\, tg^2\left(45^\circ + \frac{\alpha_r}{2}\right)\left\{\sum_{i=1}^{z} h_i \,.\, F_i \,.\left[(\cos\alpha_i + \mu\sin\alpha_i) + \frac{1{,}5 \,.\, K_1 \,.\, \sin 2\alpha_i}{2}(\sin\alpha_i - \mu\cos\alpha_i)\right] . \frac{2R_t\cos\theta_i + b}{3\cos\theta_i}\right\}, \ kW \qquad (4.33)$$

Trong đó:

ρ : Khối lượng riêng của vật liệu trộn, kg/m^3

g : Gia tốc trọng trường, m/s^2

ω : Vận tốc góc của trục trộn, rad/s

α_r : Góc nghiêng tự nhiên của vật liệu, độ

h_i : Độ sâu của cánh thứ i nhúng vào vật liệu, m

F_i : Diện tích của cánh thứ i nhúng vào vật liệu, m^2

α_i : Góc nghiêng của mặt phẳng cánh thứ i so với trục quay, độ

μ : Hệ số ma sát của vật liệu với cánh trộn.

$\mu = 0{,}01 \div 0{,}2$

K_1 : Hệ số liền của cánh, được xác định theo công thức ở trên

R_t : Chiều dài cánh kể từ trục quay, m

θ_i : Góc của cánh thứ i so với phương thẳng đứng, độ

b = Khoảng cách từ tâm quay tới mặt thoáng của sản phẩm trong thùng trộn, m

Công suất của động cơ xác định theo công thức đã viết trong phần máy trộn thùng quay.

4.3.3. Máy trộn vít tải:

(1) Số vòng quay của máy trộn vít tải:

Được xác định theo công thức thực nghiệm:

$$N = \frac{20 \div 40}{d_t}, \quad v/ph \tag{4.34}$$

d_t: đường kính vít tải , m

(2) Thời gian trộn của máy:

Được xác định theo công thức thực nghiệm đã nêu ở trên

Từ đó có thể xác định chiều dài máy trộn làm việc liên tục:

- Loại một vít trộn :

$$L = 1{,}5 . \pi . K_1 . \tau . n\,(d_t - d) . \sin\frac{2\alpha}{2}, \quad m \tag{4.35}$$

- Loại hai vít trộn

$$L = 1{,}5 . \pi . K_1 . t . (n_1 - n_2) . (d_t - d) . \sin\frac{2\alpha}{2}, \quad m \tag{4.36}$$

Với

K_1: hệ số liền vít.

Với vít liền $K_1 = 1$

Với vít không liên tục $K_1 = 0{,}6 \div 0{,}7$

τ = Thời gian trộn , phút

d_t = Đường kính vít trộn, m

d = đường kính trục của vít trộn , m

n, n_1, n_2 : số vòng quay của vít trộn (vít thứ nhất; vít thứ hai); v/ ph.

α: góc nghiêng của vít trộn , độ

Chiều dài vít trộn có thể xác định từ thực nghiệm (có giá trị trong bảng 4.1); do đó

công thức trên có thể sử dụng để xác định các thông số khác của vít tải như số vòng quay n, v.v...

(3) Năng suất của máy trộn vít tải :

Với máy một vít trộn :

$$Q = 0,75 . \varphi . \rho . K_1 . \pi . d_t^2 \left(\frac{d_t - d}{2}\right) . 60\, n . \sin\alpha . \cos\alpha, \text{ kg/h} \quad (4.37)$$

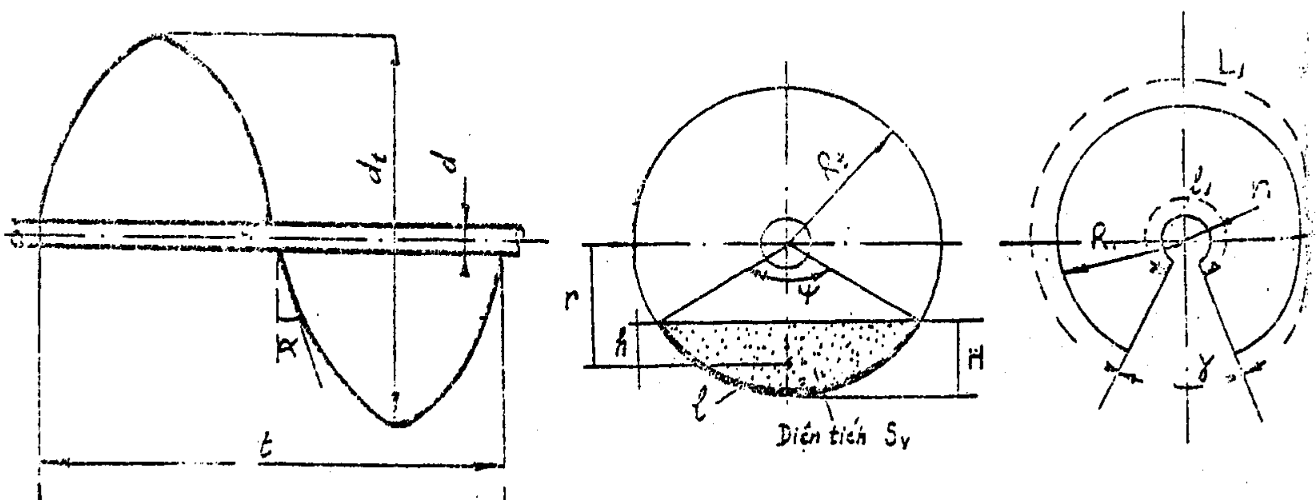
Với máy hai vít trộn:

$$Q = 0,75 . \varphi . \rho . K_1 . \pi . d_t^2 \left(\frac{d_t - d}{2}\right) . 60\, (n_1 - n_2) \sin\alpha . \cos\alpha, \text{ kg/h} \quad (4.38)$$

Với φ: hệ số chứa đầy trong vít tải.

ρ: khối lượng riêng của vật liệu trộn , kg/m^3

(4) Công suất của máy trộn vít tải:



***Hình 4.15:** Tính công suất máy trộn vít tải*

Công suất máy trộn vít tải có thể xác định tương tự như trường hợp máy trộn có cánh. Trong trường hợp này các thông số được xác định như sau:

- Khoảng cách từ điểm đặt tổng trở lực của vật liệu tới trục quay được xác định:

$$r = \frac{l_3}{12\, S_v} \quad (4.39)$$

- Số bước vít:

$$Z = \frac{L}{t} \quad (4.40)$$

- Diện tích nhúng chìm của mỗi cánh

$$F = \varphi . K_1 . F_1 \qquad (4.41)$$

Với F_1: diện tích của một bước vít

$$F_1 = \pi (R_1^2 - r_1^2)\frac{360 - \gamma}{360} \qquad (4.42)$$

- Độ nhúng sâu trung bình của cánh vít trong lớp vật liệu

$$h = r - (R_t - H) \qquad (4.43)$$

Trong đó

l : chiều dài dây cung tiết diện viên phân của vật liệu , m

H : chiều cao của tiết diện viên phân kể từ điểm giữa của dây cung , m.

L , R_t , t: chiều dài, bán kính và bước của vít tải, m

φ: hệ số chứa đầy của vật liệu trong máy;

K_1: hệ số liền cánh vít

S_v: diện tích của tiết diện viên phân, m^2

R_1 ; r_1: bán kính ngoài và bán kính trong của vành khăn khi triển khai một bước vít, m.

γ: góc hở của vành khăn.

Các đại lượng R_1 , r_1 và γ được xác định như sau:

$$R_1 = r_1 + b \qquad (4.44)$$

$$r_1 = \frac{b . l_1}{L_1 - l_1} \qquad (4.45)$$

$$\gamma = \left(\frac{2\pi R_1 - L_1}{2\pi R_1}\right) . 360 \qquad (4.46)$$

Trong đó b: chiều rộng của vành khăn, m.

$$b = \frac{d_t - d}{2} \qquad (4.47)$$

l_1 , L_1: chiều dài đường chân bước vít và chiều dài đường đỉnh của bước vít, m

$$l_1 = \sqrt{t^2 + (\pi d)^2}, \text{ m} \qquad (4.48)$$

$$L_1 = \sqrt{t^2 + (\pi d_t)^2}, \text{ m} \qquad (4.49)$$

Công suất của máy trộn vít tải được tính như sau:

$$N = 10^{-3} . \rho . g . tg^2 \left(45° + \frac{\alpha_r}{2}\right) . Z . h . F . \omega . r .$$
$$. \left[(\cos\alpha + \mu \sin\alpha) + 0,75 . K_1 . \sin2\alpha (\sin\alpha - \mu\cos\alpha)\right]; \quad kW \qquad (4.50)$$

ω - vận tốc góc của vít trộn

Đối với máy có hai vít trộn:

$$\omega = \frac{\pi (n_1 + n_2)}{30}, \quad rad/s$$

§ BÀI TẬP

4.1. Số liệu về tốc độ trộn của cát và muối trong một thiết bị trộn được trình bày trong bảng 4.2. Sau một thời gian trộn lâu chỉ số trộn cho thấy gần đạt đến 1. Tìm thời gian trộn để đạt được chỉ số trộn là 0.95 ? Trong mỗi mẻ trộn, lượng nhập liệu ban đầu gồm 254,4g muối trên 300 g cát.

Bảng 4.2: Số liệu cho quá trình trộn cát và muối

Thí nghiệm số	Thời gian trộn,s	Phần khối lượng của cát trong mẫu							
1	45	0.64	0.68	0.74	0.63	0.73	0.81	0.59	0.65
		0.62	0.70	0.66	0.64	0.77	0.70	0.67	0.58
		0.60	0.65	0.87	0.60	0.49	0.52	0.49	0.54
		0.64	0.38	0.32	0.34	0.49	0.52	0.25	0.32
		0.33	0.35	0.48	0.23	0.16	0.32	0.44	0.39
		0.26	0.26	0.21	0.32	0.38	0.22	0.24	0.22
		0.15	0.36						
2	87	0.53	0.54	0.60	0.60	0.60	0.55	0.56	0.60
		0.69	0.63	0.48	0.67	0.65	0.63	0.62	0.46
		0.63	0.58	0.48	0.59	0.49	0.53	0.46	0.49
		0.58	0.34	0.52	0.45	0.50	0.47	0.42	0.35
		0.43	0.49	0.59	0.38	0.39	0.45	0.52	0.39
		0.35	0.36	0.37	0.49	0.48	0.37	0.49	0.32
		0.32	0.36						

Chương 5

VẬN CHUYỂN VẬT LIỆU RỜI

Trong các xí nghiệp sản xuất khi cần vận chuyển vật liệu rời (khối hạt hay các bao gói), chủ yếu sử dụng các máy vận chuyển gián đoạn (cẩu, palăng...) và máy vận chuyển liên tục. Khác với các máy vận chuyển gián đoạn, các thiết bị vận chuyển liên tục có thể làm việc trong thời gian dài, chuyển vật liệu di chuyển theo hướng đã định một cách liên tục, đều đặn. Chính nhờ ưu điểm đó mà các thiết bị vận chuyển liên tục có năng suất cao và được ứng dụng rất rộng rãi khi cần vận chuyển vật liệu rời.

Các thiết bị vận chuyển vật liệu rời liên tục được chia làm hai nhóm: máy có bộ phận kéo và máy không có bộ phận kéo.

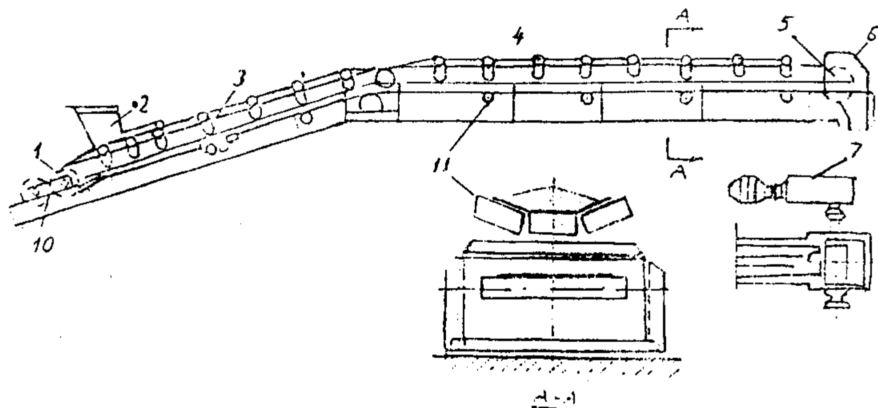
Thuộc nhóm thứ nhất gồm có: băng tải, xích tải, gầu tải.

Thuộc nhóm thứ hai gồm có: vít tải, hệ thống vận chuyển bằng không khí và vận chuyển bằng thủy lực.

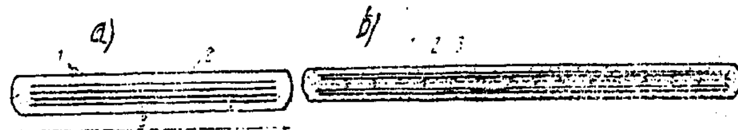
Dưới đây chúng ta sẽ khảo sát một số thiết bị vận chuyển liên tục được dùng phổ biến trong các nhà máy sản xuất hóa chất và thực phẩm.

§ 5.1. BĂNG TẢI

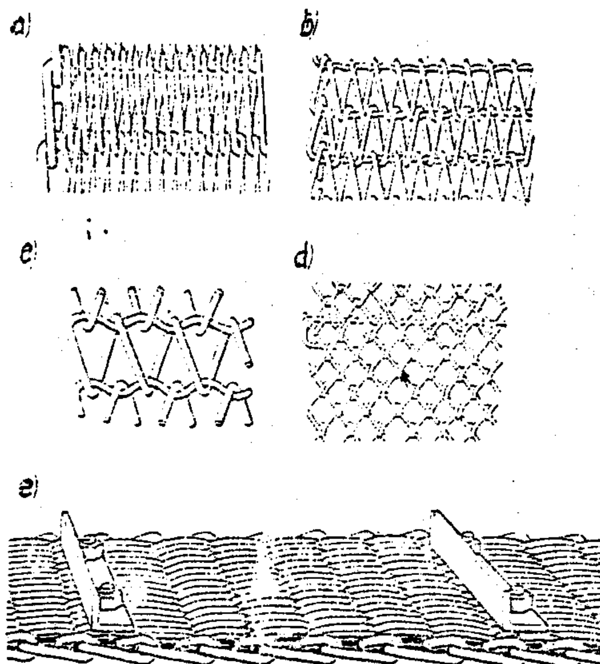
Trong các thiết bị vận chuyển liên tục thì băng tải được sử dụng nhiều nhất. Băng tải có những ưu điểm cơ bản sau: cấu tạo đơn giản, bền, có khả năng vận chuyển vật liệu theo hướng nằm ngang, nằm nghiêng (hay kết hợp cả hai) với khoảng cách lớn, làm việc êm, năng suất cao và tiêu hao năng lượng không lớn lắm. Tuy nhiên băng tải cũng có một số hạn chế: tốc độ vận chuyển không cao, độ nghiêng của băng tải nhỏ (góc nghiêng $< 24°$), không vận chuyển được theo đường cong.



Hình 5.1. Cấu tạo băng tải
1. Tang căng băng 2. Phễu nhập liệu 3. Băng 4. Con lăn đỡ nhánh có tải 5. Tang dẫn động\ 6. Phễu tháo liệu 7. Động cơ và hộp giảm tốc 8. Cơ cấu căng băng 9. Con lăn đỡ nhánh không tải.



Hình 5.2: Cấu tạo băng vải cao su.
a. Băng vải cao su b. Băng vải cao su có lõi sợi thép
1. Lớp vải số 2. Lớp cao su bọc 3. Sợi thép



Hình 5.3 Cấu tạo băng đan bằng sợi kim loại.

5.1.1 Cấu tạo băng tải

Băng tải cấu tạo gồm có tấm băng (nối kín) được đặt trên các tang dẫn động và tang căng băng. Để đỡ băng khỏi bị chùng theo chiều dài ta thiết kế cái con lăn đỡ dọc theo chiều dài băng. Tấm băng này vừa là bộ phận kéo vừa là bộ phận vận chuyển vật liệu.

Động cơ điện sẽ truyền động qua hộp giảm tốc làm quay tang dẫn động. Khi tang này quay sẽ xuất hiện lực ma sát giữa bề mặt tang và bề mặt băng và sẽ làm băng chuyển động. Vật liệu sẽ được đưa lên mặt băng qua phễu nhập liệu và được vận chuyển tới vị trí tháo liệu (qua đầu băng hay dọc theo chiều dài băng). Để băng không bị chùng khi làm việc trên thiết bị có lắp đặt chi tiết căng băng lắp ở phần tang căng băng.

5.1.2. Cấu tạo những chi tiết cơ bản của băng tải:

1. Băng:

Băng là chi tiết chủ yếu vừa đóng vai trò là bộ phận kéo, vừa là bộ phận vận chuyển vật liệu. Do đó băng cần phải chắc, dẻo (do luôn bị uốn cong), có độ co giãn nhỏ và bền với môi trường xung quanh. Trong công nghiệp thường sử dụng các loại băng: băng vải tổng hợp, băng vải phủ cao su và băng kim loại. Băng vải tổng hợp có độ bền thấp nên ít được sử dụng. Thông dụng nhất là loại băng vải phủ cao su. Loại băng này cấu tạo gồm lõi vải (một lớp hay nhiều lớp) được đặt phía trong, bên ngoài được phủ một lớp cao su có chiều dày nhất định. Loại băng này có độ bền cao (phụ thuộc vào số lớp vải bên trong) và có độ cuốn tốt.

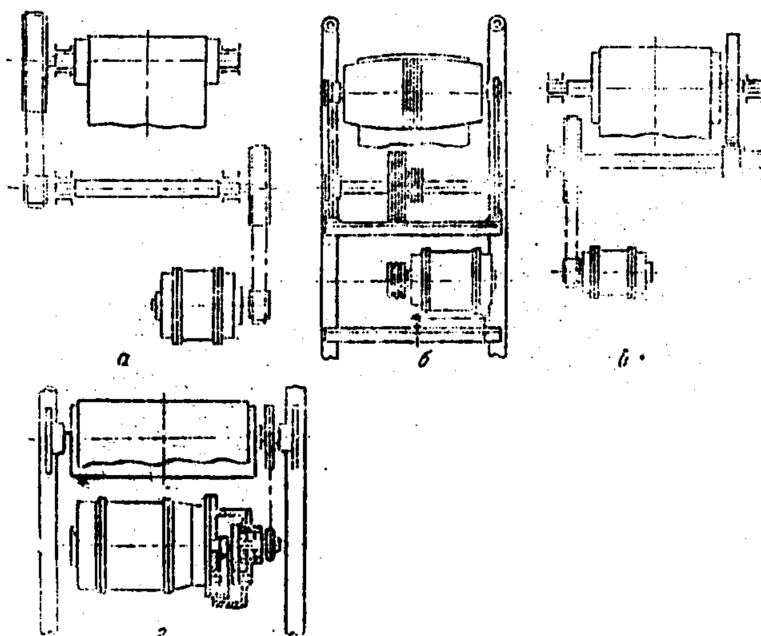
Để làm việc trong môi trường ảnh hưởng bởi nhiệt độ người ta còn sử dụng các loại băng kim loại. Các loại băng này thường là các tấm kim loại hoặc là các lưới kim loại.

Bảng 5.1. Các loại băng Liên Xô

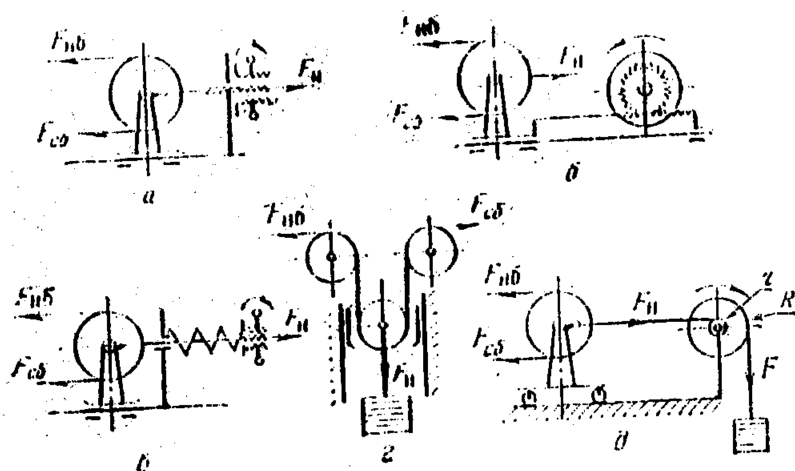
Ký hiệu	Tên gọi và đặc tính	Phạm vi sử dụng
1	Băng nhiều lớp,có mép được tăng bền và hai mặt phủ cao su	Vận chuyển những vật liệu dạng cục lớn,bào mòn mạnh.
2	Băng nhiều lớp,hai mặt phủ cao su	Vận chuyển những vật liệu rời, vật liệu dạng cục nhỏ và trung bình
2P	Băng nhiều lớp,hai mặt phủ cao su và vải thưa	Vận chuyển vật liệu xây dựng
2Y	Băng nhiều lớp, hai mặt phủ cao su,mép bọc vải	Vận chuyển than
3	Băng nhiều lớp có một mặt phủ cao su	Vận chuyển vật liệu khô rời

Bảng 5.2. Đặc tính các loại băng Liên Xô

Loại băng	Kí hiệu	Ứng suất bền kéo đứt tới hạn [σ], N/cm
Băng vải bông	OPB-5; OPB-12	1150
	B-820	550
Băng vải sợi Lapsan	LX-12	1200
Băng vải sợi capron	K-4-3	1500
	K-8-3T	3000
Băng cao su	RTL 1500	15000
	RTL 2500	25000
	RTL 3150	31500
	RTL 3500	35000



Hình 5.4: Các bộ phận dẫn động của băng tải



Hình 5.5: Các cơ cấu căng băng
a. Căng băng bằng vít; b, c. Căng băng đối trọng

2. Tang dẫn động

Bộ phận dẫn động của băng tải gồm có cơ cấu truyền động từ động cơ tới tang dẫn động.

Để băng định tâm được tốt trên mặt tang dẫn động cần chế tạo mặt trụ của tang hơi lồi (độ lồi thường bằng 0,005 chiều dài của tang. Tang được chế tạo bằng gang đúc hay thép hàn.

Đường kính của tang được tính:

$$D \geq 125 \,.\, z \text{ (mm)}$$

z - Số lớp đệm của băng

Chiều dài của tang được xác định, phụ thuộc vào chiều rộng của băng

$$L = B + 2C, \quad \text{mm} \qquad (5.1)$$

B - Chiều rộng băng - mm

$C = 60 \div 70$ (mm)

Để tăng độ ma sát giữa bề mặt tang và băng tải ta có thể hoặc: tăng độ ma sát của bề mặt tang hoặc tăng góc ôm của băng với tang.

Để truyền động cho tang dẫn động từ động cơ ta có thể truyền qua hộp giảm tốc bánh răng hoặc truyền qua hệ thống truyền động đai.

3. Cơ cấu căng băng:

Bộ phận căng băng có nhiệm vụ tạo ra lực căng cần thiết của tấm băng, đảm bảo cho băng bám chặt vào tang dẫn và làm giảm độ võng của băng theo chiều dài.

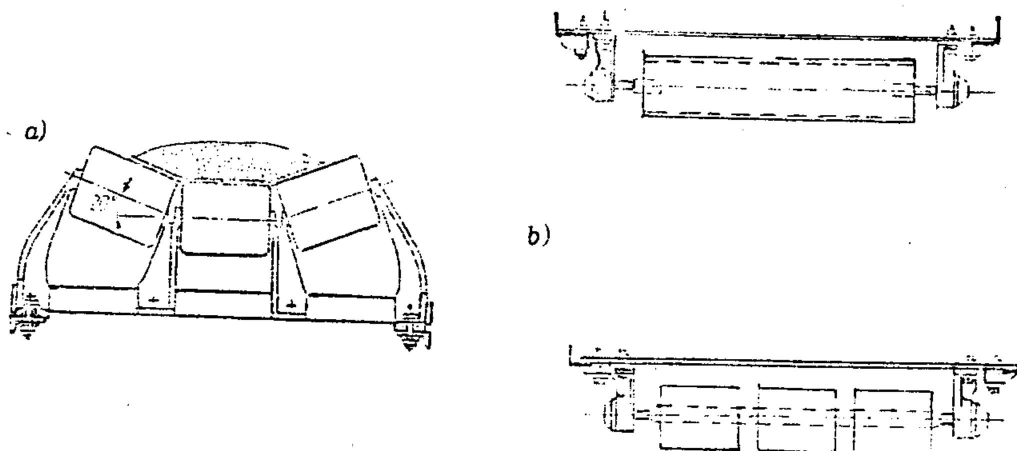
Bộ phận căng băng gồm có tang căng băng, được lắp lên các gối trục có khả năng dịch chuyển.

Có 2 loại cơ cấu căng băng:

- *Căng băng cơ khí:* dùng cho những băng tải có chiều dài không lớn lắm (khoảng 40 ÷ 50 m) và trong quá trình làm việc băng bị giãn đòi hỏi phải căng băng nhiều lần.

- *Căng băng bằng đối trọng* có khả năng tạo được lực căng ổn định trong quá trình làm việc.

4. Con lăn đỡ:



Hình 5.6: Cách lắp con lăn đỡ
a. Tại nhánh có tải; b. Tại nhánh không tải

Công dụng chủ yếu của các con lăn đỡ là đảm bảo vị trí của tấm băng theo chiều dài vận chuyển và hình dạng tấm băng trên nhánh có tải.

Có hai loại con lăn đỡ:

- *Con lăn đỡ loại lòng máng*. Loại này gồm từ 3; 5 hoặc 7 con lăn trụ đặt nằm nghiêng cái nọ với cái kia một góc nào đó. Loại con lăn đỡ này chỉ sử dụng với nhánh băng có tải.

- *Con lăn đỡ thẳng*. Loại này có thể dùng cho cả nhánh có tải hoặc nhánh không tải.

Khoảng cách giữa hai con lăn trên nhánh có tải có thể chọn theo công thức sau:

$$l_t = A - 0{,}625.B, \quad \text{mm} \qquad (5.2)$$

Trong đó:

B - chiều rộng băng tải, mm

A - hằng số phụ thuộc vào khối lượng riêng của vật liệu vận chuyển.

Khi $\rho \leq 1000$ kg/m^3 thì A = 1750mm

$\rho = 1000 \div 1500$ kg/m^3 thì A = 1640mm

$\rho = 1500 \div 2000$ kg/m^3 thì A = 1550mm

Ở nhánh không tải khoảng cách giữa hai trục con lăn được lấy bằng $l_o = 2l_t$

Tại ví trí nhập liệu để giữ cho băng tải không bị chùng do động năng của vật liệu gây ra khi rơi xuống băng tải ta có thể chọn khoảng cách giữa các con lăn đó: $l_t = 400 \div 500$ (mm)

Ở khu vực tấm băng chuyển từ đoạn nằm ngang sang đoạn dốc phải bố trí các trục con lăn đỡ theo một đường cong điều hòa. Bán kính đường cong này phụ thuộc vào lực căng của tấm băng và tải trọng riêng của băng tải

$$R > \frac{S}{q + q_o} . K, \quad m \tag{5.3}$$

Trong đó:

S - lực căng của băng, N

q, q_o - tải trọng riêng của băng và của vật liệu, N/m

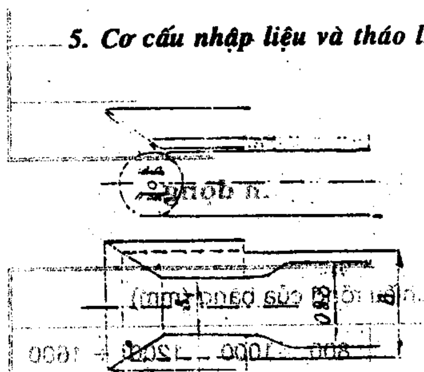
K - hệ số, được chọn phụ thuộc vào độ dốc của băng β

khi $\beta \le 7^o$ thì K = 1

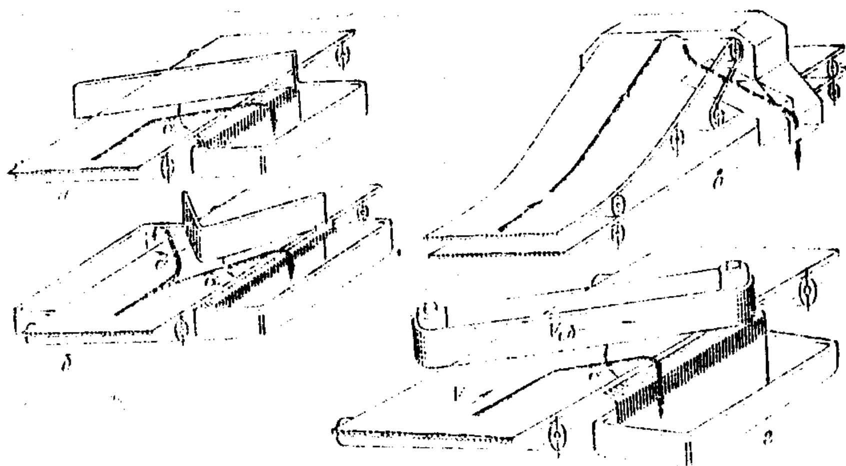
$\beta = 8° \div 15°$ thì K = 1,05

$\beta = 16° \div 20°$ thì K = 1,1

5. Cơ cấu nhập liệu và tháo liệu.



Hình 5.7: Phễu nhập liệu



Hình 5.8: Cơ cấu tháo liệu
a- Tháo liệu qua đầu tang dẫn động;
b- Tháo liệu bằng tay gạt

Vật liệu được nhập vào băng tải qua máng nhập liệu.

Đáy máng nhập liệu có chiều rộng:

$$B_1 = (0,6 \div 0,7)B, \text{mm} \tag{5.4}$$

B - Chiều rộng của băng, mm

Góc nghiêng của máng nhập liệu:

$$\alpha = \alpha_r + (5^o \div 10^o) \tag{5.5}$$

α_r - góc nghiêng tự nhiên của vật liệu rời

Để tháo dỡ vật liệu ra khỏi băng tải, ta có thể sử dụng các cơ cấu:

- Tay gạt: Nếu cần tháo liệu tại một vị trí nào đó trên bề mặt băng tải.
- Xe tháo liệu: Khi cần thay đổi vị trí tháo liệu trên chiều dài băng tải.
- Tháo liệu ở phía đầu tang dẫn động.

5.1.3. Tính những thông số cơ bản của băng tải.

1. Vận tốc băng:

Vận tốc của băng được chọn phụ thuộc vào năng suất của băng tải, tính chất của hạt vật liệu và điều kiện làm việc của băng tải.

Bảng 5.3: Vận tốc của băng đối với băng tải nằm ngang.

Loại vật liệu	Vận tốc băng (m/s)
Thóc, gạo, đậu, lúa mì, ngô, đại mạch, kiều mạch	2,5 ÷ 4,5
Hạt hướng dương	2,0 ÷ 2,5
Hạt bông	1,5 ÷ 2,0
Đậu nành	2,5 ÷ 3,5
Trấu và phế liệu của hạt	0,8 ÷ 1,2
Hàng đóng kiện	0,6 ÷ 1,2

Bảng 5.4. Vận tốc của băng khi tháo liệu qua đầu tang dẫn động.

Loại vật liệu	Vận tốc băng (m/s) phụ thuộc vào chiều rộng của băng (mm)				
	400	500	600	800 ÷1000	1200 ÷ 1600
Than chưa tuyển, muối, cát	1,1 ÷ 1,5	1,5 ÷ 2	1,75 ÷ 2	2 ÷ 3	2,25 ÷ 3
Quặng, tro, đất	1 ÷ 1,25	1,25 ÷ 1,5	1,5 ÷ 2	1,75 ÷ 2,5	2 ÷ 2,5
Đá, than cốc, than đá tuyển lựa	1,1 ÷ 1,5	1,25 ÷ 1,75	1,5 ÷ 1,75	1,5 ÷ 1,75	1,5 ÷ 1,75
Các loại hạt ngũ cốc	1,5 ÷ 2	2,25 ÷ 3	2,5 ÷ 4	2,5 ÷ 4	2,5 ÷ 3
Các loại bột mịn	0,8 ÷ 1	0,8 ÷ 1	0,8 ÷ 1	0,8 ÷ 1	0,8 ÷ 1

Trong trường hợp nhập liệu ở phần nằm nghiêng của băng tải, thì vận tốc của băng phải giảm bớt đi việc nhập liệu được dễ dàng.

2. Năng suất của băng tải

Khi vận chuyển vật liệu rời, năng suất của băng tải được xác định theo công thức:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot \rho \cdot v, \quad t/h \qquad (5.6)$$

Trong đó:

F - diện tích tiết diện ngang của lớp vật liệu trên tấm băng khi băng chuyển động, m^2

ρ - khối lượng riêng của vật liệu, T/m^3

v - vận tốc chuyển động của băng, m/s

Đại lượng F được xác định phụ thuộc vào hình dạng băng và kết cấu con lăn đỡ.

a- băng phẳng; b- băng võng có 3 con lăn đỡ

c- băng võng có 5 con lăn đỡ

Hình 5.9: Tiết diện ngang của vật liệu trên bề mặt băng

Trong trường hợp a:

$$F = \frac{1}{2}B \cdot h = \frac{1}{4}(0{,}9B - 0{,}05m)^2 tg\alpha_r, \quad m^2 \qquad (5.7)$$

Trong đó:

B - chiều rộng mặt băng, m

α_r - góc nghiêng tự nhiên của vật liệu.

Trong trường hợp b, c:

$$F = C\,(0{,}9B - 0{,}05m)^2, \quad m^2 \qquad (5.8)$$

C- hệ số phụ thuộc vào tiết diện ngang lớp vật liệu.

Hệ số C được chọn từ bảng sau:

Bảng 5.5. Giá trị hệ số C

Các thông số	Loại băng				
	Hai con lăn đỡ	Ba con lăn đỡ			Năm con lăn đỡ
Góc nghiêng của con lăn đỡ β β_1	 15 -	 20 -	 30 -	 36 -	 18 54
Góc nghiêng tự nhiên của vật liệu, α_r	15 ÷ 20	15 ÷ 20			15 ÷ 20
Giá trị C	450 ÷ 535	470 ÷ 550	550 ÷ 625	585 ÷ 655	600 ÷ 675

Khi vận chuyển vật liệu trên băng tải nghiêng thì năng suất của băng tải được xác định theo công thức:

$$Q = 3600 \,.\, F \,.\, \rho \,.\, v \,.\, K, \quad T/h \tag{5.9}$$

Trong đó: K - hệ số tính tới việc giảm năng suất khi băng tải đặt nghiêng

Giá trị K được chọn ở bảng sau.

Bảng 5.6 Giá trị K

Loại băng	Góc nghiêng của băng so với mặt phẳng nằm ngang, độ	Giá trị K
Băng phẳng	10 ÷ 15	0,95
	16 ÷ 20	0,90
	20 ÷ 22	0,85
Băng võng	20 ÷ 25	0,85
	26 ÷ 30	0,8
	31 ÷ 35	0,75

Góc nghiêng giới hạn của băng tải đối với một số loại vật liệu có giá trị sau:

- Than đá	18°
- Quặng sắt	18 ÷ 20
- Muối mỏ	18 ÷ 23
- Đất ẩm	20 ÷ 24
- Apatit	20
- Đất sét ướt	18 ÷ 20
- Xi măng	10 ÷ 12
- Than cốc	17 ÷ 20
- Hạt ngũ cốc	20 ÷ 22
- Vật liệu đóng bao	25°

3. Công suất của băng tải.

Công suất động cơ dùng cho băng tải xác định theo công thức sau:

$$N_{dc} = (N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5)\frac{1}{k \,.\, \eta} \,.\, K, \quad kW \tag{5.10}$$

Trong đó:

N_1 - công suất dùng để khắc phục trở lực nhánh có tải của băng tải khi máy chạy không tải.

N_2 - công suất dùng để khắc phục trở lực nhánh không tải của băng tải.

N_3 - công suất dùng để vận chuyển vật liệu theo chiều dài băng tải.

N_4 - công suất để khắc phục trở lực của cơ cấu tháo liệu.

N_5 - công suất để nâng vật liệu tại các đoạn dốc của băng tải

k - hệ số xét đến trở lực khi khi tấm băng bị uốn tại các tang và ma sát trong các ngỗng trục.

K - hệ số xét đến ảnh hưởng của chiều dài băng tải đối với công suất.

η - hệ số truyền động có ích.

* *Công suất N_1 được xác định như sau:*

$$N_1 = \frac{q_1 \cdot v \cdot C_1 \cdot L_1}{1000}, \quad kW \tag{5.11}$$

q_1 - tải trọng riêng của các phần chuyển động trên nhánh có tải bao gồm trọng lượng của 1 m băng và trọng lượng các phần chuyển động trên đó, N/m

v - vận tốc băng, m/s

L_1 - chiều dài nhánh có tải, m

C_1 - hệ số trở lực của nhánh có tải, phụ thuộc vào tỉ số d_n/D_{tl} (với d_n - đường kính ngỗng trục của con lăn đỡ; D_{tl} - đường kính con lăn đỡ. Khi d_n/D_{tl} = 1/4 có thể chọn C_1 = 0,04)

Thay các giá trị vào ta có:

$$N_1 = 4.10^{-5} \cdot q_1 \cdot v \cdot L_1, \quad kW \tag{5.12}$$

* *Công suất N_2 được xác định theo công thức:*

$$N_2 = \frac{q_2 \cdot v \cdot C_1 \cdot L_2}{1000}, \quad kW \tag{5.13}$$

Với q_2 - tải trọng riêng của nhánh không tải, N/m

L_2 - chiều dài nhánh không tải, m

Vậy

$$N_2 = 4.10^{-5} \cdot q_2 \cdot v \cdot L_2, \quad kW \tag{5.14}$$

* *Công suất N_3 được xác định như sau:*

$$N_3 = \frac{q_3 \cdot v \cdot C_2 \cdot L_3}{1000}, \quad kW \tag{5.15}$$

q_3 - trọng lực của vật liệu trên 1m chiều dài của băng, N/m, $q_3 = Q \cdot g / 3{,}6 \cdot v$, N/m

L_3 - độ dài vận chuyển vật liệu (có thể khác L_1 và L_2 vì vật liệu có thể được tháo liệu trên chiều dài băng), m

C_2 - hệ số trở lực khi các con lăn đỡ chịu tải. Hệ số $C_2 > C_1$. Nếu con lăn đỡ lắp ổ bi lăn, có thể chọn $C_2 = 0{,}05$

Vậy:

$$N_3 = \frac{C_2 \,.\, Q \,.\, L_3 \,.\, g}{3 \,.\, 6 \,.\, 1000} \approx 1{,}5 \,.\, 10^{-4} \,.\, Q \,.\, L_3,\ \text{kW} \qquad (5.16)$$

* *Công suất N_4 được xác định như sau:*

- Nếu tháo liệu bằng thiết bị tay gạt thì :

$$N_4 = K \,.\, Q \,.\, B,\quad \text{kW} \qquad (5.17)$$

Trong đó:

K - hệ số thực nghiệm, K = 0,0075

Q - năng suất của băng tải, T/h

B - chiều rộng băng, m

- Nếu tháo liệu bằng xe tháo liệu di động thì công suất N_4 được chọn từ bảng sau:

Bảng 5.7: Công suất (N_4, kW) dùng để khắc phục trở lực của xe tháo liệu di động.

Chiều rộng băng (mm)	Chiều dài vận chuyển, m						
	≤30	40	50 ÷ 60	70 ÷ 80	90 ÷ 100	110 ÷ 120	130 ÷ 140
400	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7
500	0,32	0,36	0,45	0,6	0,75	1,0	1,2
600	0,6	0,65	0,75	0,9	1,1	1,4	1,6
610	1,0	1,2	1,4	1,6	2,2	2,5	2,7
750	1,4	1,7	2,0	2,4	3,2	3,6	3,8
800	1,8	2,1	2,5	3,0	3,9	4,3	4,9
900	2,2	2,4	3,0	3,6	4,5	5,0	6,0
1000	2,7	3,0	3,5	4,0	5,0	5,5	6,5
1100	3,2	3,6	3,9	4,5	5,5	6,0	7,0

* *Công suất N_5 được xác định theo công thức:*

$$N_5 = \frac{q_3 \,.\, v \,.\, H}{1000},\quad \text{kW} \qquad (5.18)$$

Trong đó: H - chiều cao nâng vật liệu, m

Thay giá trị q_3 vào công thức trên ta có:

$$N_5 = 0{,}3.10^4 . Q . H, \text{ kW} \qquad (5.19)$$

* Thay tất cả các giá trị công suất vào công thức chung, ta có công suất động cơ băng tải được xác định như sau:

$$N_{dc} = \left[4.10^{-5}. v(q_1 . L_1 + q_2 . L_2) + 10^{-4}. Q\,(1{,}5L_3 \pm 0{,}3H) + N_4\right]. K. \frac{1}{k . \eta}; \quad \text{kW} \qquad (5.20)$$

- Hệ số k có thể chọn bằng 0,8 ÷ 0,85

- Hệ số K phụ thuộc vào chiều dài băng tải và được chọn theo bảng sau:

Bảng 5.8: Quan hệ giữa hệ số K và chiều dài băng tải

Chiều dài băng tải, m	Hệ số K
≤ 10	1,5
10 ÷ 15	1,4
15 ÷ 25	1,3
25 ÷ 35	1,2
35 ÷ 45	1,1
> 45	1,0

§ 5.2. GẦU TẢI

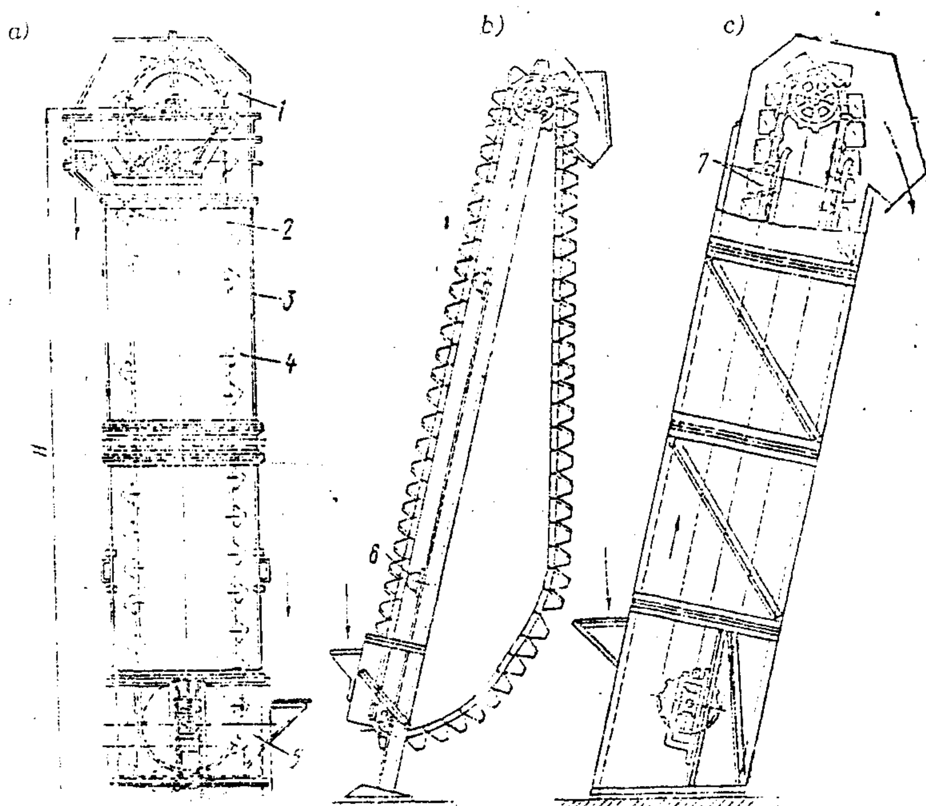
Để vận chuyển vật liệu rời chuyển động theo phương thẳng đứng hay theo phương nghiêng (góc nghiêng > 50°) người ta thường dùng gầu tải. Gầu tải được sử dụng rộng rãi trong các xí nghiệp vì chúng có ưu điểm: cấu tạo đơn giản, kích thước gọn, có khả năng vận chuyển vật liệu lên độ cao lớn (50 ÷ 70m) và năng suất cao (700m^3/h). Tuy nhiên gầu tải cũng có nhược điểm: dễ bị quá tải và cần phải nạp liệu đều đặn.

5.2.1. Cấu tạo và phân loại gầu tải

Cấu tạo gầu tải gồm những bộ phận chính sau:

- Bộ phận kéo (có thể là băng hoặc xích), trên đó có gắn các gầu, được uốn vòng qua tang (hay đĩa xích) ở trên và dưới máy.

- Chân máy gồm có tang (hay đĩa xích), cơ cấu căng băng, hộp nạp liệu.



Hình 5.10 Cấu tạo gầu tải
a. Gầu tải băng thẳng đứng; b. Gầu tải băng nghiêng tự do; c. Gầu tải xích nghiêng
1. Tang dẫn động 2. Cơ cấu kéo 3. Vỏ máy 4. Gầu 5. Phần dưới của gầu tải và cơ cấu căng băng
6. Con lăn đỡ 7. Thanh hướng chuyển động

- Đầu máy gồm có tang dẫn động (hay đĩa xích), động cơ và hộp giảm tốc, bộ phận tháo liệu.

- Phần bao che xung quanh bao gồm các tấm che, các cửa vệ sinh, chân đỡ.

Khi làm việc gầu tải xúc vật liệu trong khu vực chân máy và vận chuyển lên phía đầu máy. Ở đây dưới tác dụng của trọng lực và lực quán tính vật liệu được đỡ từ gầu vào bộ phận tháo liệu và được chuyển tới nơi sử dụng.

Vật liệu cần vận chuyển được đổ vào bộ phận nhập liệu ở phía chân máy.

Theo kết cấu bộ phận kéo ta chia gầu tải ra hai loại:

- Gầu tải băng: cơ cấu kéo là băng. Loại này dùng để vận chuyển vật liệu nhẹ và vận tốc băng có thể đạt tới 3,5 m/s.

- Gầu tải xích: cơ cấu kéo là xích. Loại này dùng để vận chuyển vật liệu có kích thước thô, nặng. Vận tốc chuyển động của xích không lớn hơn 1,25m/s.

5.2.2. Các chi tiết cơ bản của gầu tải

1. Bộ phận kéo

a. Băng: băng kéo được làm là băng vải cao su có số lớp vải i ≥ 4. Số lớp vải có thể được chọn từ bảng:

Bảng 5.9: Số lớp vải theo chiều rộng băng

Chiều rộng băng, (mm)	Số lớp vải	
	Đối với vật liệu nặng hay dạng cục	Đối với vật liệu dạng hạt
≤ 300	5	4
300 ÷ 450	6	5
500 ÷ 700	7	6
≥ 800	8	7

b. Xích: trong điều kiện làm việc với tải trọng lớn ta sử dụng xích vì nó có ưu điểm là lực kéo lớn, ít bị mài mòn.

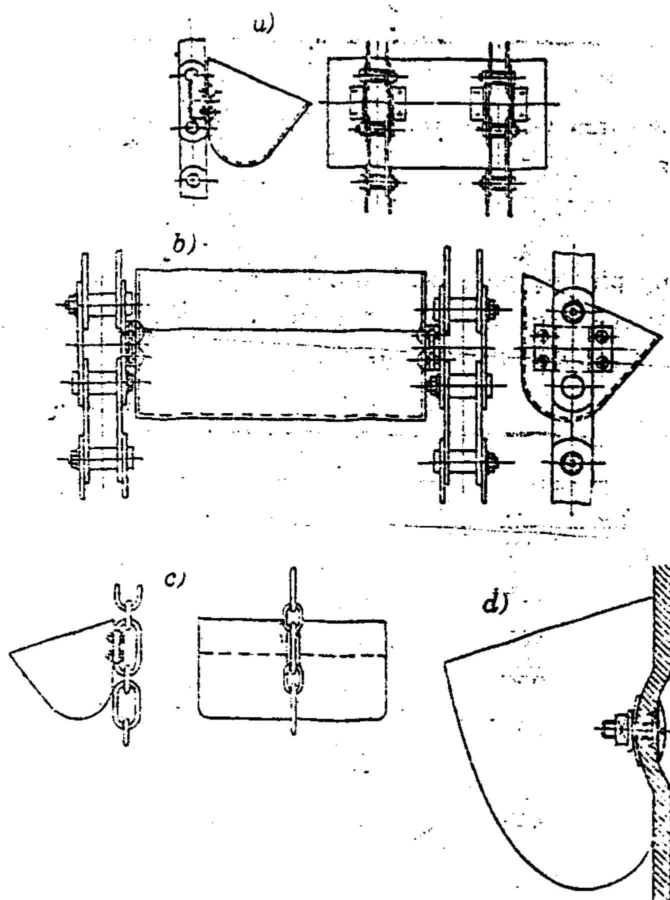
2. Gầu:

Gầu được chế tạo bằng phương pháp hàn, tán hoặc đúc. Gần đây người ta còn chế tạo gầu bằng chất dẻo. Gầu gồm các loại: gầu đáy tròn sâu, gầu đáy tròn nông và gầu đáy nhọn. Đặc tính kỹ thuật của gầu được cho trong bảng 5.10

Bảng 5.10: Loại gầu và các kích thước cơ bản.

Kiểu gầu	Kích thước, mm				Dung tích, l
	B	A	h	R	
Sâu, đáy tròn Γ	100	75	80	25	0,20
	125	90	95	30	0,44
	160	105	110	35	0,60
	200	125	135	40	1,25
	200	140	150	45	2,05
	320	175	190	55	4,05
	400	195	210	60	6,30
	500	235	255	75	12,10
	650	250	275	80	18,00
	800	285	325	85	32,00
	1000	310	355	95	45,00

Nông, đáy tròn M	100	50	65	25	0,1
	125	65	85	30	0,2
	160	75	100	35	0,35
	200	95	130	40	0,75
	250	120	160	55	1,40
	320	145	190	70	2,70
	400	170	220	85	4,20
Nhọn, và bề mặt bên dẫn hướng 0	160	105	155	-	0,65
	200	125	195	-	1,30
	250	140	195	-	2,00
	320	165	245	-	4,00
	400	225	310	-	7,80
	500	280	390	-	16,50



Hình 5.11: Cách ghép gầu vào cơ cấu kéo
a. Ghép mặt sau của gầu với xích (2 xích kéo); b. Ghép mặt bên của gầu với xích; c. Ghép mặt sau của gầu với xích (1 xích kéo); d. Ghép gầu với băng

Các loại gầu đáy tròn được lắp trên bộ phận kéo cách nhau một khoảng

$$a = (2,5 \div 3)\ h \qquad (5.21)$$

h - chiều cao của gầu

Còn gầu đáy nhọn thì được lắp nối tiếp nhau trên bộ phận kéo.

Đối với gầu bắt vào băng, người ta dập lõm phần kim loại xung quanh lỗ bắt vít, để khi ghép gầu với băng, mặt băng và đầu bulông nằm trên mặt phẳng, như vậy băng sẽ ôm khít với tang. Đối với xích kéo, có thể bắt với mặt sau hay mặt bên của gầu với xích, tùy thuộc vào chiều rộng và loại gầu. Cách ghép gầu vào cơ cấu kéo được trình bày trên hình 5.11

3. Tang dẫn động:

Tang của gầu tải băng được chế tạo bằng cách đúc hoặc hàn. Đường kính của tang phụ thuộc vào lớp vải trong băng và được xác định theo công thức:

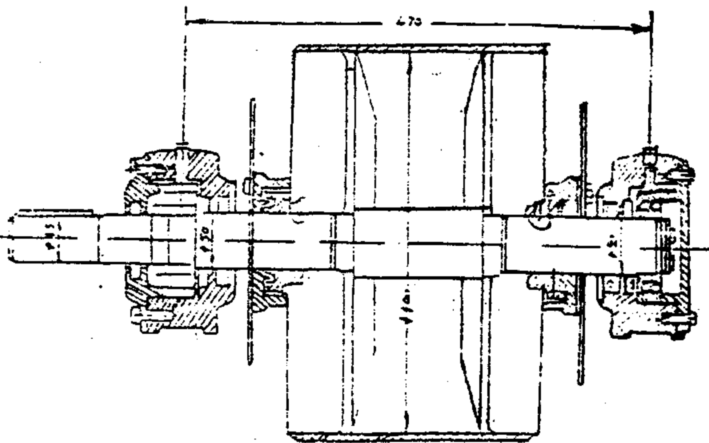
$$D = (125 \div 150)\ z,\ mm \qquad (5.22)$$

z - số lớp vải trong băng

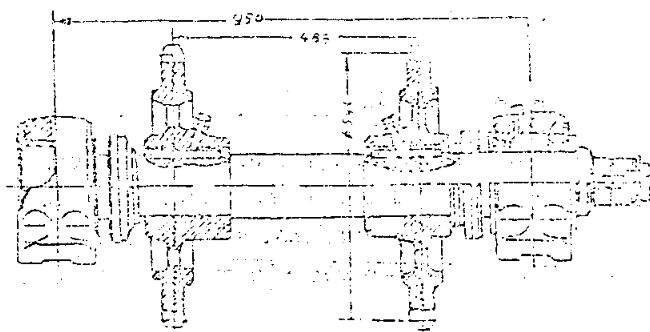
Sau khi xác định ta lấy đường kính tang theo tiêu chuẩn: 250, 320, 400, 500, 630, 800 và 1000 mm. Chiều dài tang được lấy theo chiều rộng băng và được cho trong bảng sau:

Bảng 5.11: Giá trị kích thước giữa gầu, băng và tang

Thông số	Giá trị,mm					
Chiều rộng gầu	100	125	160	200	320	400
Chiều rộng băng	125	150	200	250	400	500
Chiều dài tang	180	200	250	300	450	550



Hình 5.12: Trục dẫn với tang đúc



Hình 5.13: Trục dẫn với hai đĩa xích

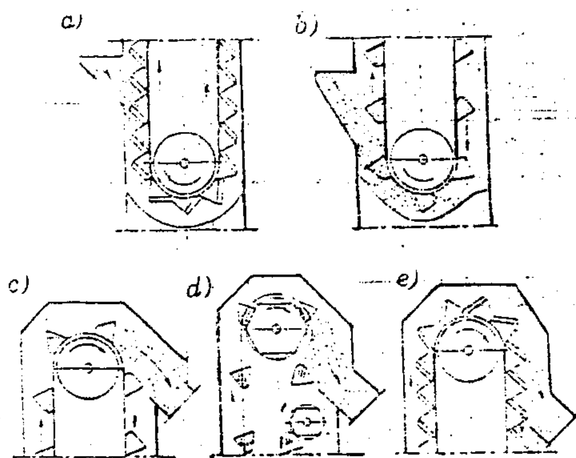
Đĩa xích của gầu tải xích có số răng z = 6 ÷ 12, phụ thuộc vào bước của xích. Giá trị nhỏ lấy đối với xích bước dài, còn giá trị lớn đối với xích bước ngắn.

4. Cơ cấu nhập liệu và tháo liệu

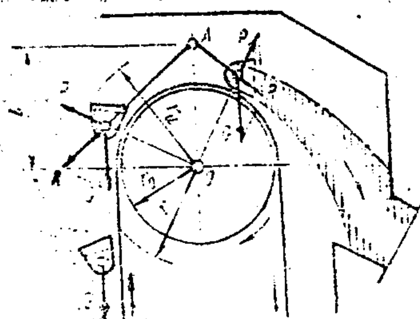
Việc nhập liệu vào gầu tải có hai cách:

- Nhập liệu trực tiếp vào gầu. Phương pháp này sử dụng khi vận chuyển vật liệu thô, có bề mặt ma sát lớn.

- Đổ vật liệu xuống đáy gầu và dùng gầu để múc vận chuyển lên trên. Phương pháp này thường sử dụng khi vận chuyển vật liệu mịn, có bề mặt ma sát nhỏ.



Hình 5.14:** Các **phương pháp nhập liệu và tháo liệu.** a. **Nhập liệu trực tiếp vào gầu. b. Đổ vật liệu xuống đáy gầu tải. c. Tháo liệu bằng lực li tâm. d. Tháo liệu bằng trọng lực. e. Tháo liệu hỗn hợp



Hình 5.15: Sơ đồ lực tác dụng lên gầu và vật liệu khi chuyển động.

Khi gầu cùng vật liệu chuyển động trên bề mặt tang dẫn động nó sẽ chịu 2 lực tác dụng.

- G = mg - lực khối lượng do khối lượng của gầu và vật liệu sinh ra.

- $P = m\frac{v^2}{r}$ - lực ly tâm sinh ra khi gầu và vật liệu chuyển động tròn trên bề mặt tang dẫn động với vận tốc v, trong đó r là khoảng cách từ tâm quay tới trọng tâm của gầu và khối vật liệu.

- Lực R sẽ là hợp lực của hai lực P và G. Khi gầu chuyển động quanh tang dẫn động, lực R sẽ thay đổi về giá trị và phương tác dụng. Nhưng đường nối phương tác dụng lực R luôn đi qua một điểm A, gọi là cực tháo liệu nằm cách tâm một đoạn l.

Ta có tỉ lệ: $\frac{l}{r} = \frac{G}{P} = \frac{mg}{m \cdot \frac{v^2}{r}} = \frac{g \cdot r}{v^2}$

Rút ra:

$$l = \frac{gr^2}{v^2} \quad (5.23)$$

Nếu thay: $v = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot r$

Ta có:

$$l = \frac{895}{n^2} \quad (5.24)$$

Như vậy khoảng cách l sẽ phụ thuộc vào số vòng quay n của tang dẫn động.

- Khi $l \le r_o$ (r_o - bán kính của tang dẫn động) tức là lực P > G, khi đó vật liệu sẽ được chảy ra khỏi gầu bằng lực ly tâm. Phương pháp tháo liệu này gọi là phương pháp tháo liệu bằng lực ly tâm. Nó được sử dụng để tháo các loại vật liệu có độ ẩm cao (> 17%)

- Khi $l > r_a$ (r_a - tầm với của gầu), tức là lực G > P, khi đó vật liệu sẽ rớt ra khỏi gầu dưới tác dụng của trọng lực. Phương pháp tháo liệu này gọi là phương pháp tháo liệu bằng trọng lực. Phương pháp này chủ yếu sử dụng cho các loại vật liệu dạng cục.

- Khi $r_o < l \le r_a$ sẽ xảy ra tháo liệu hỗn hợp. Phương pháp này sử dụng đối với các loại vật liệu dạng hạt và mịn.

5.2.3. Xác định năng suất và công suất của gầu tải

1. Năng suất của gầu tải

Năng suất của gầu tải được xác định theo công thức sau:

$$Q = 3{,}6 \cdot \frac{i}{a} \cdot \varphi \cdot \rho \cdot v, \quad T/h \quad (5.25)$$

Trong đó:

i - thể tích một gầu, m^3

a - bước gầu trên băng, m

ρ - khối lượng riêng của vật liệu, T/m^3

v - vận tốc của cơ cấu kéo (bảng 5.12)

φ - hệ số chứa đầy vật liệu trong gầu và thể tích gầu. φ được chọn phụ thuộc vào loại vật liệu.

$\varphi = 0,75 \div 0,95$ - đối với vật liệu dạng bột.

$\varphi = 0,6 \div 0,8$ - đối với vật liệu dạng hạt, cục.

$\varphi = 0,5 \div 0,7$ - đối với vật liệu dạng cục có kích thước $d = 50 \div 100mm$

$\varphi = 0,4 \div 0,6$ - đối với vật liệu dạng cục có kích thước $d > 100mm$

$\varphi = 0,5 \div 0,7$ - đối với vật liệu ẩm

$\varphi = 0,3 \div 0,6$ - đối với vật liệu loại củ.

Bảng 5.12. Vận tốc chuyển động của cơ cấu kéo của gầu tải.

Vật liệu	Vận tốc chuyển động của cơ cấu kéo, m/s	
	Đối với băng	Đối với xích
Hạt	1,5 ÷ 4,0	-
Bột	1,2 ÷ 1,4	-
Tấm	1,0 ÷ 1,2	-
Than đá dạng cục	1,6 ÷ 2,0	1,25 ÷ 1,6
Than đá nghiền	-	0,6 ÷ 0,8
Xi măng	1,25 ÷ 1,8	1,25 ÷ 1,6
Cát, đá	0,6 ÷ 0,8	0,6 ÷ 0,8
Các loại cũ	0,6 ÷ 1,0	0,5 ÷ 0,8

2. Công suất của gầu tải:

Công suất cần thiết của động cơ truyền chuyển động cho gầu tải dùng băng có thể xác định theo công thức sau

$$N_{đc} = \frac{Q.H}{367.\eta}, \quad kW \tag{5.26}$$

Trong đó:

Q - năng suất của gầu tải, T/h

H - chiều cao nâng vật liệu của gầu tải, m

η - hiệu suất của gầu tải (Bảng 5.13)

Bảng 5.13: Hiệu suất của gầu tải băng

Chiều cao gầu tải,m	Hiệu suất η
≤ 30	0,7
30 ÷ 40	0,75
40 ÷ 50	0,8
50 ÷ 60	0,85

Đối với gầu tải xích, công suất động cơ có thể xác định theo công thức sau:

$$N_{đc} = \frac{Q \cdot H}{367 \cdot \eta}(1{,}15 + K \cdot K_1 \cdot v), \quad kW \tag{5.27}$$

Trong đó: v - vận tốc của cơ cấu kéo, m/s

K, K_1 - các hệ số trở lực khi gầu chuyển động

- Đối với gầu đáy tròn khi:

$Q = 50 \div 100$ T/h thì $K = 1{,}3$ và $K_1 = 0{,}8$

$Q > 100$ T/h thì $K_1 = 0{,}6$

- Đối với gầu đáy nhọn khi:

$Q = 50 \div 100$ T/h thì $K = 0{,}8$ và $K_1 = 1{,}1$

$Q > 100$ T/h thì $K_1 = 0{,}9$

Bảng 5.14. Bảng hướng dẫn chọn loại gầu tải

Loại máy	Đặc tính của vật liệu chuyển	Vật liệu chuyển
- Gầu tải băng vận tốc cao, gầu sâu, gắn cố định	Dạng bụi khô,bột khô, hạt nhỏ khô có tính mài mòn ít, cỡ hạt < 20mm	Cát, mica, bột thạch anh, than cám, mạt cưa, tro thải
- Máy như trên, gầu nông	Hơi ẩm, dạng bột, hạt nhỏ, cỡ hạt < 20mm	Cát, bộ đất sét làm khuôn đúc, mạt cưa.
- Gầu tải xích vận tốc cao, gầu sâu, gắn cố định	Hạt khô nhỏ,có tính mài, cỡ hạt < 50mm	Đá vôi, đôlômit, xỉ, than đá, đất sét
- Máy như trên, gầu nông	Cục nhỏ ẩm,có tính mài mòn nhỏ, cỡ hạt < 50mm	Than đá, đá vôi, đất sét, phân lân, xỉ, đôlômit
- Gầu tải xích vận tốc thấp gầu cố định	Dạng bột hơi dính, hạt nhỏ	Ximăng, than bùn,oxyt kẽm, oxyt chì
- Gầu tải băng vận tốc nhỏ, gầu nhọn	Dạng bụi hoặc hạt nhỏ, cỡ hạt < 50mm	Ximăng, phấn bột, cát, bột phốt pho quặng hạt nhỏ, bột kim loại
- Gầu tải xích vận tốc thấp, gầu nhọn	Khô cỡ hạt trung bình nhỏ hơn 100mm	Than đá, than cốc,đất quặng, xỉ

§ 5.3. VÍT TẢI

Vít tải thuộc loại máy vận chuyển liên tục không có bộ phận kéo. Chi tiết chính của vít tải là vít cánh xoắn chuyển động quay trong một vỏ kín có tiết diện tròn ở dưới. Khi vít chuyển động, cánh xoắn đẩy vật liệu di chuyển trong vỏ. Vật liệu vận chuyển không bám vào cánh xoắn là nhờ trọng lượng của nó và lực ma sát giữa vật liệu và vỏ máng, do đó vật liệu chuyển động trong máng theo nguyên lý truyền động vít - đai ốc.

Vít tải dùng để vận chuyển vật liệu tơi vụn theo phương nằm ngang, thẳng đứng hoặc nằm nghiêng.

Các ưu điểm của vít tải: vật liệu vận chuyển trong máng kín do đó không tổn thất rơi vãi, an toàn khi làm việc và sử dụng rất thuận lợi cho việc vận chuyển vật liệu nóng và độc hại.

Các nhược điểm của vít tải: bị hạn chế về năng suất (tối đa là 100 T/h) và chiều dài vận chuyển (không quá 30m). Vật liệu bị nghiền nát một phần khi vận chuyển và tiêu tốn nhiều năng lượng hơn so với băng tải.

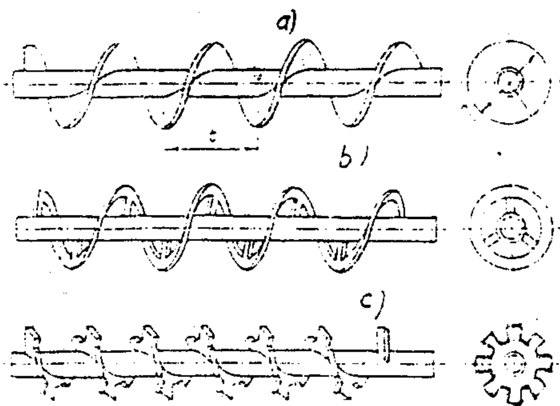
5.3.1. Phân loại và cấu tạo vít tải:

Theo phương vận chuyển vật liệu ta chia vít tải ra làm hai loại:

- Vít tải nằm ngang.
- Vít tải thẳng đứng.

Theo hình dạng cánh xoắn ta phân loại vít tải ra thành:

- Loại cánh xoắn liên tục liền trục.
- Loại cánh xoắn liên tục không liền trục.
- Loại cánh xoắn dạng lá.



Hình 5.16: Các loại cánh xoắn
a. Cánh xoắn liên tục liền trục; b. Cánh xoắn liên tục không liền trục; c. Cánh xoắn dạng lá.

Vít tải cánh xoắn liên tục liền trục dùng để vận chuyển vật liệu dạng bột khô, có kích thước nhỏ hay trung bình. Loại cánh xoắn này không cho vật liệu chuyển động ngược lại, do đó khi cùng vận tốc quay và đường kính vít xoắn, năng suất của nó đạt được cao hơn các loại khác.

Vít tải liên tục không liền trục dùng để vận chuyển vật liệu dạng hạt có kích thước lớn hoặc vật liệu dính.

Vít tải loại cánh xoắn dạng lá dùng cho vật liệu kết dính hoặc khi cần kết hợp quá trình trộn khi vận chuyển vật liệu.

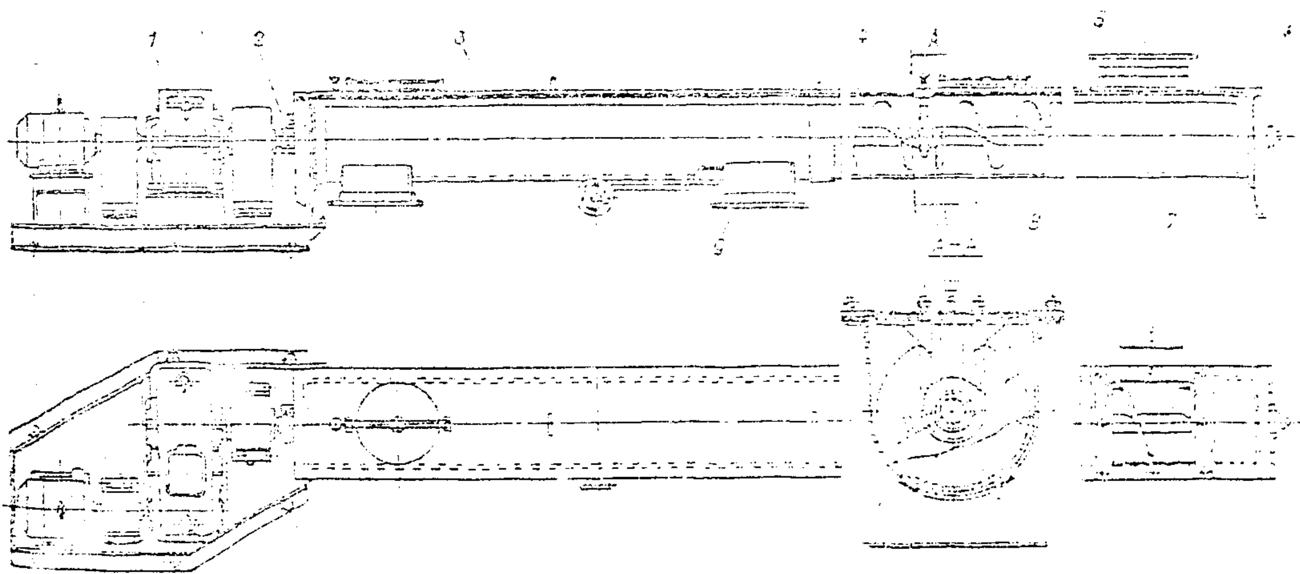
Đường kính vít và bước vít được tiêu chuẩn hóa theo bảng sau:

Bảng 5.15: Kích thước tiêu chuẩn của đường kính và bước vít.

Thông số	Giá trị (mm)					
Đường kính vít	100	125	160	200	250	320
Bước vít	100	125	160	200	250	320
	80	100	125	160	200	250

Theo tiêu chuẩn trên bước vít có thể lấy bằng 0,8 hoặc 1 lần đường kính vít.

Số vòng quay của vít tải trong một phút thường lấy các giá trị sau: 6; 7,5; 9,5; 11,8; 15; 19; 23,6; 30; 37,5; 47,5; 60; 75; 95; 118; 150; 190; 236 và 300. Sai số so với các giá trị trên không được quá 10%.



Hình 5.17. Cấu tạo vít tải nằm ngang

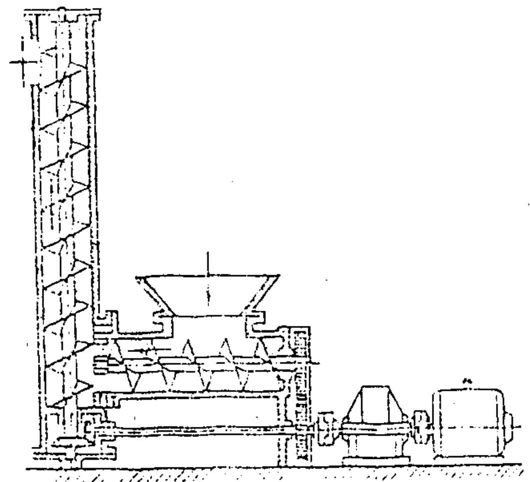
Cấu tạo vít tải nằm ngang được mô tả trên hình 5.17.

Cấu tạo của nó gồm một máng cố định 7, phần dưới của nó có dạng nửa hình trụ, phía trên được đậy kín bằng nắp 3. Trục quay 8, trên đó có gắn vít tải được đỡ bằng hai ổ đỡ hai đầu 2, 6 và ổ đỡ trung gian 4. Trục quay được truyền động bằng động cơ 1. Vật liệu được nhập liệu qua máng nhập liệu 5 và được tháo ra qua bộ phận tháo liệu 9.

Vít tải thẳng đứng (Hình 5.18) dùng để vận chuyển vật liệu theo phương thẳng đứng với chiều cao không quá 12 ÷ 15m. Ưu điểm chủ yếu của vít tải thẳng đứng là chiếm ít

diện tích, tháo liệu theo hướng tùy ý, nhưng có nhược điểm là tiêu tốn nhiều năng lượng và các chi tiết quay chóng bị mài mòn.

Nguyên lý làm việc của vít tải thẳng đứng như sau: vật liệu được đưa vào trục vít thẳng đứng trong vỏ trụ kín, nhờ ma sát với cánh vít mà thực hiện chuyển động quay. Dưới tác dụng của lực ly tâm vật liệu được ép sát vào bề mặt máng. Do vật liệu ma sát với máng nên vận tốc chuyển động quay của nó bị chậm lại, dẫn đến vật liệu sẽ trượt theo bề mặt xoắn ốc và được nâng dần lên phía trên.



Hình 5.18: Cấu tạo vít tải thẳng đứng

5.3.2. Tính toán vít tải.

1. Xác định năng suất và công suất của vít tải nằm ngang.

Năng suất của vít tải nằm ngang được xác định theo công thức:

$$Q = 47.\,D^2\,.\,n\,.\,s.\,\rho\,,\varphi\,.\,C\,,\ T/h \qquad (5.28)$$

Trong đó:

D - đường kính ngoài của cánh vít, m.

n - số vòng quay của trục vít, v/ph.

s - bước vít. Có thể lấy s = (0,8 ÷ 1)D, m.

ρ - khối lượng riêng của vật liệu, T/m^3

φ - hệ số chứa đầy.

φ = 0,35 ÷ 0,45 - đối với vật liệu dạng hạt.

φ = 0,45 ÷ 0,55 - đối với vật liệu đã nghiền nhỏ.

φ = 0,6 ÷ 0,7 - đối với vật liệu dạng củ.

C - hệ số tính tới việc giảm năng suất khi vít tải đặt nghiêng, được lấy theo bảng 5.16

Bảng 5.16. Giá trị hệ số C

Độ dốc của vít tải, độ	0	5	10	15	20
Giá trị C	1	0,9	0,8	0,7	0,65

Số vòng quay lớn nhất của trục vít có thể xác định theo công thức thực nghiệm

$$n = \frac{A}{\sqrt{D}}\,,\ v/ph \qquad (5.29)$$

D - đường kính ngoài của cánh vít, m

A - hệ số thực nghiệm.

Đối với vật liệu hạt A = 30 ÷ 60

Đối với vật liệu mịn A = 22 ÷ 45

Đối với vít tải nằm ngang công suất của vít tải được xác định theo công thức:

$$N = C_o . \frac{Q . L}{367}, \text{ kW} \tag{5.30}$$

Đối với vít tải nằm nghiêng:

$$N = \frac{Q . H}{367} + C_o . \frac{Q . L}{367}, \text{ kW} \tag{5.31}$$

Trong đó:

Q - năng suất vít tải, T/h

L - chiều dài vận chuyển vật liệu theo phương nằm ngang, m

H - chiều cao vận chuyển vật liệu theo phương thẳng đứng, m

C_o - Hệ số trở lực xác định bằng thực nghiệm.

Giá trị của C_o phụ thuộc vào loại vật liệu và được lấy từ bảng 5.17 sau đây:

Bảng 5.17: Giá trị C_o

Loại vật liệu	C_o
Bột, mùn cưa,hạt	1,2
Bột than, sô đa,bột phấn	1,6
Than cục, muối hột	2,5
Cao lanh, đất sét cục,xi măng, cát	4,0

2. Xác định năng suất và công suất của vít tải thẳng đứng.

Năng suất của vít tải thẳng đứng được tính theo công thức sau:

$$Q = 47{,}1 . D_m^2 . S . n . k . \psi , \rho , \quad \text{T/h} \tag{5.32}$$

Trong đó:

D_m - đường kính trong của máng vít, m

S - bước vít, m

n - số vòng quay của trục vít, v/ph

k - hệ số hình học xét đến phần tiết diện do trục và cánh vít chiếm chỗ. Thường chọn k = 0,90 ÷ 0,95

ρ- khối lượng riêng của vật liệu, T/m^3

ψ - hệ số năng suất xét đến điều kiện nạp liệu, mức độ chứa đầy của vít tải, tính chất của vật liệu.

Hệ số năng suất ψ đối với loại nạp liệu bằng vít tải:

$$\psi = \xi \cdot \varphi$$

Trong đó: ξ - hệ số vận tốc. Đối với cánh vít có D = S dùng vận chuyển vật liệu hạt.

$$\xi = 0,55 \div 0,65$$

φ - hệ số chứa đầy của vít tải.

$\varphi = 0,50 \div 0,75$

Đối với loại vít tải nhập liệu theo phương pháp trọng lực:

$$\psi = \frac{A - 0,001 \cdot n}{B}$$

Đối với loại cánh vít có D = S = 120 ÷ 160 mm vận chuyển vật liệu khô, chọn A= 1,2 ÷ 1,4

Chọn B = 8 khi chiều cao của nhập liệu h = S

và B = 5 khi h= 3S

Số vòng quay nhỏ nhất của trục vít có thể làm cho vật liệu được nâng lên gọi là vận tốc tới hạn

Vận tốc này được tính bằng:

$$n_{th} = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{g \cdot tg(\alpha + \rho_1)}{\mu \cdot R}, \quad v/ph \tag{5.33}$$

Trong đó:

R - bán kính trong của máng vít, m.

α - góc nâng của bề mặt cánh vít tại bán kính R

ρ - góc ma sát tĩnh của vật liệu với cánh vít.

μ - hệ số ma sát của vật liệu với máng.

Công suất truyền động của vít tải thẳng đứng được xác định theo công thức sau:

$$N = \frac{Q \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta} k (\xi + 1), \quad kW \tag{5.34}$$

Trong đó:

Q - năng suất của vít tải, T/h

H - chiều cao nâng vật liệu, m.

k - hệ số xét đến tổn thất do ma sát của trục vít với các gối đỡ, k = 1,15 ÷ 1,20

η - hiệu suất truyền động, $\eta = 0,85 \div 0,95$

ξ - hệ số trở lực

Đối với lúa mì $\xi = 4{,}5 \div 6{,}9$

Đối với muối $\xi = 5{,}5 \div 7{,}3$

Đối với các loại củ $\xi = 12 \div 13$

§ 5.4 VẬN CHUYỂN VẬT LIỆU BẰNG KHÔNG KHÍ

Một trong những kỹ thuật quan trọng để vận chuyển vật liệu rời trong công nghiệp hóa chất, thực phẩm là vận chuyển vật liệu bằng dòng không khí. Kỹ thuật này được ứng dụng lần đầu tiên vào năm 1867 để vận chuyển những vật liệu dạng sợi và hạt. Nhờ có nhiều ưu điểm nên hình thức vận chuyển này được ứng dụng rộng rãi và trong nhiều trường hợp được thay thế hoàn toàn cho phương pháp vận chuyển cơ khí.

Vận chuyển vật liệu bằng không khí dựa trên nguyên lý lợi dụng khả năng chuyển động của dòng khí trong ống dẫn với tốc độ nhất định để mang vật liệu từ chỗ này đến chỗ khác dưới trạng thái lơ lửng. Theo lý thuyết thì có thể dùng không khí để vận chuyển vật liệu rời có khối lượng riêng và kích thước hạt bất kỳ, nhưng vì năng lượng tiêu tốn để vận chuyển tăng nhanh gấp nhiều lần so với trọng lượng của hạt vật liệu, cho nên trong thực tế phạm vi ứng dụng kỹ thuật vận chuyển bằng không khí có bị hạn chế.

Hiện nay năng suất của các hệ thống vận chuyển bằng không khí dao động trong phạm vi khá rộng, có thể đạt tới 800 T/h, khoảng cách vận chuyển có thể tới 1800 m và độ cao vận chuyển có thể đạt 100 m.

Muốn làm cho hỗn hợp không khí và các hạt vật liệu chuyển động được trong các ống dẫn thì cần phải tạo được chênh lệch áp suất ở hai đầu ống, nói cách khác là tạo ra áp lực. Áp lực được tạo thành bằng cách giảm áp suất ở cuối ống (hút) hoặc tăng áp suất của không khí ở đầu ống (đẩy).

Ngoài ra tỉ số giữa suất lượng pha rắn và pha khí thường ở trong khoảng từ 1 đến 20 nhưng không quá 80 và vận tốc khí thường bằng hoặc lớn hơn vận tốc thăng bằng của hạt rắn.

5.4.1. Phân loại

Hệ thống vận chuyển vật liệu bằng không khí có thể được phân loại theo áp suất tạo thành như sau:

- Các hệ thống áp suất thấp, trong đó tổn thất áp suất không vượt quá 5.10^3 N/m^2

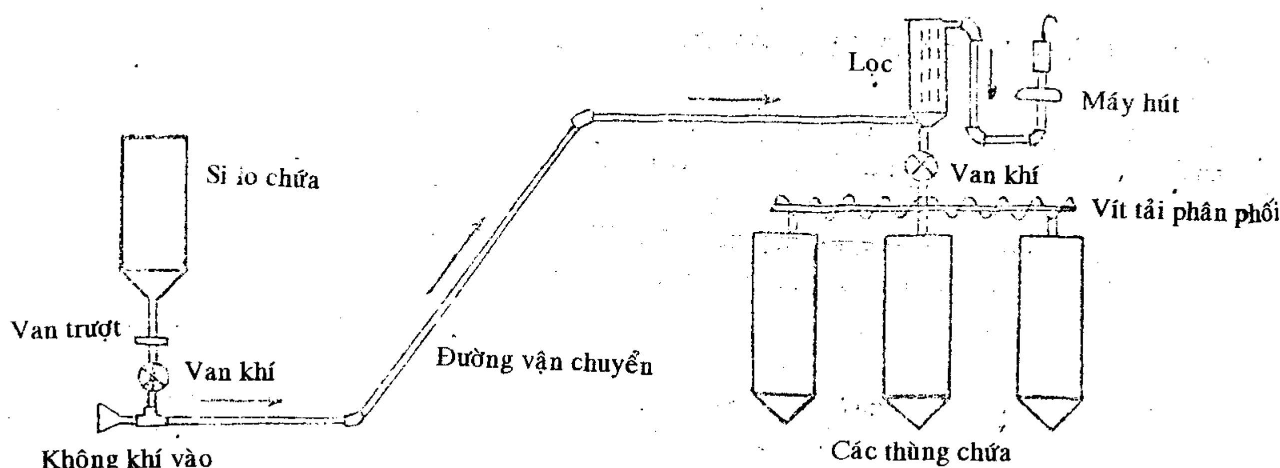
- Các hệ thống áp suất trung bình, trong đó tổn thất áp suất lớn nhất không vượt quá 10^4 N/m^2

- Các hệ thống áp suất cao, trong đó tổn thất áp suất lớn hơn 10^4 N/m^2.

(1) Hệ thống vận chuyển bằng không khí với áp suất thấp và trung bình:

Trong các nhà máy, hệ thống này được sử dụng rộng rãi để cơ giới hóa các nguyên

công vận chuyển trong phân xưởng và giữa các phân xưởng với nhau. Những hệ thống này hoạt động với nồng độ pha rắn thấp ($C \leq 5$ kg chất rắn / kg khí) và tiêu tốn lượng không khí lớn, cho phép kết hợp vận chuyển với một vài quá trình công nghệ như làm nguội, phân loại, sấy...



Hình 5.19. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống hút với áp suất trung bình để vận chuyển bột

Trên hình 5.19 là sơ đồ nguyên lý của một hệ thống hút với áp suất trung bình dùng để vận chuyển bột từ thùng chứa vào kho chứa. Hệ thống này hoạt động với nồng độ chất rắn trong hỗn hợp là C = 4,5 - 5kg/kg và vận tốc của dòng khí là 18-20m/s.

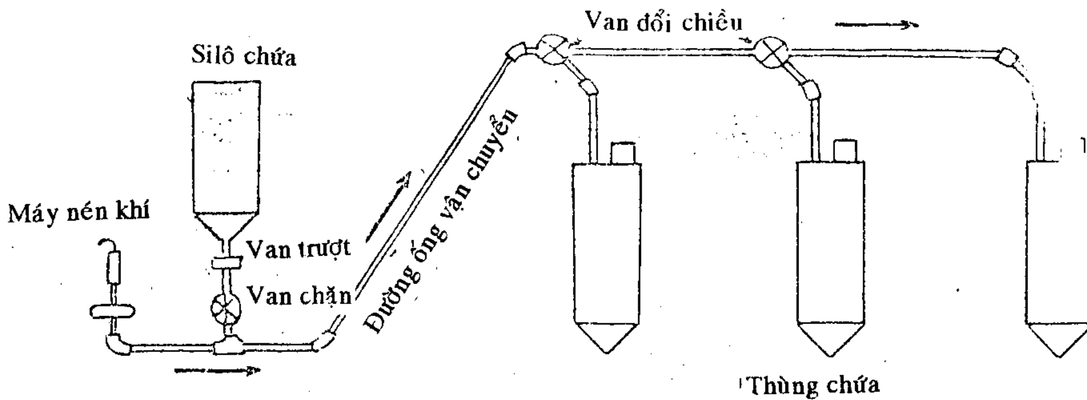
(2) Hệ thống vận chuyển bằng không khí với áp suất cao (hình 5.19)

Trên hình 5.19 là sơ đồ nguyên lý của hệ thống. Chân không trong mạng được tạo nên bởi máy thổi khí, khi nhúng vòi hút vào khối hạt thì không khí được hút vào, kéo theo hạt và vận chuyển trong ống dẫn. Qua ống dẫn hạt đi vào bộ phận tháo liệu. Cyclon và máy lọc túi dùng để tách bụi khỏi không khí trước khi dòng khí ra ngoài qua máy thổi. Nhờ hệ thống này có thể vận chuyển vật liệu từ nhiều vị trí trong một lúc.

Trên hình 5.20 là sơ đồ hệ thống đẩy với áp suất cao. Áp suất được tạo ra bởi máy nén. Không khí nén được đưa vào bộ phận nạp liệu để trộn lẫn với vật liệu. Nhờ chênh lệch áp suất trong ống dẫn và ngoài trời nên hỗn hợp đã tạo thành di chuyển về phía tháo liệu.

Muốn thay đổi hướng chuyển động của hỗn hợp thì dùng cơ cấu đổi chiều để lần lượt tháo vật liệu vào từng kho chứa một. Trong những hệ thống kiểu này thì kho chứa dùng để bảo quản vật liệu cũng đồng thời là bộ phận tách vật liệu. Để giảm bớt lượng bụi vật liệu do không khí mang theo ra, ở phía trên nắp các kho chứa người ta còn lắp thêm ống vải để thu hồi lại.

Sơ đồ nguyên lý



Hình 5.20: Hệ thống đẩy với áp suất cao

So với hệ thống hút thì hệ thống đẩy có những ưu điểm:

(1) Có khả năng vận chuyển vật liệu đi xa hơn với tổn thất áp suất trong mạng lớn hơn 1 at.

(2) Có khả năng vận chuyển vật liệu với nồng độ hỗn hợp khá lớn.

Tuy nhiên hệ thống đẩy có nhược điểm là để đưa vật liệu vào hệ thống, nghĩa là từ vùng áp suất thấp vào vùng áp suất cao, cần có những cơ cấu phức tạp.

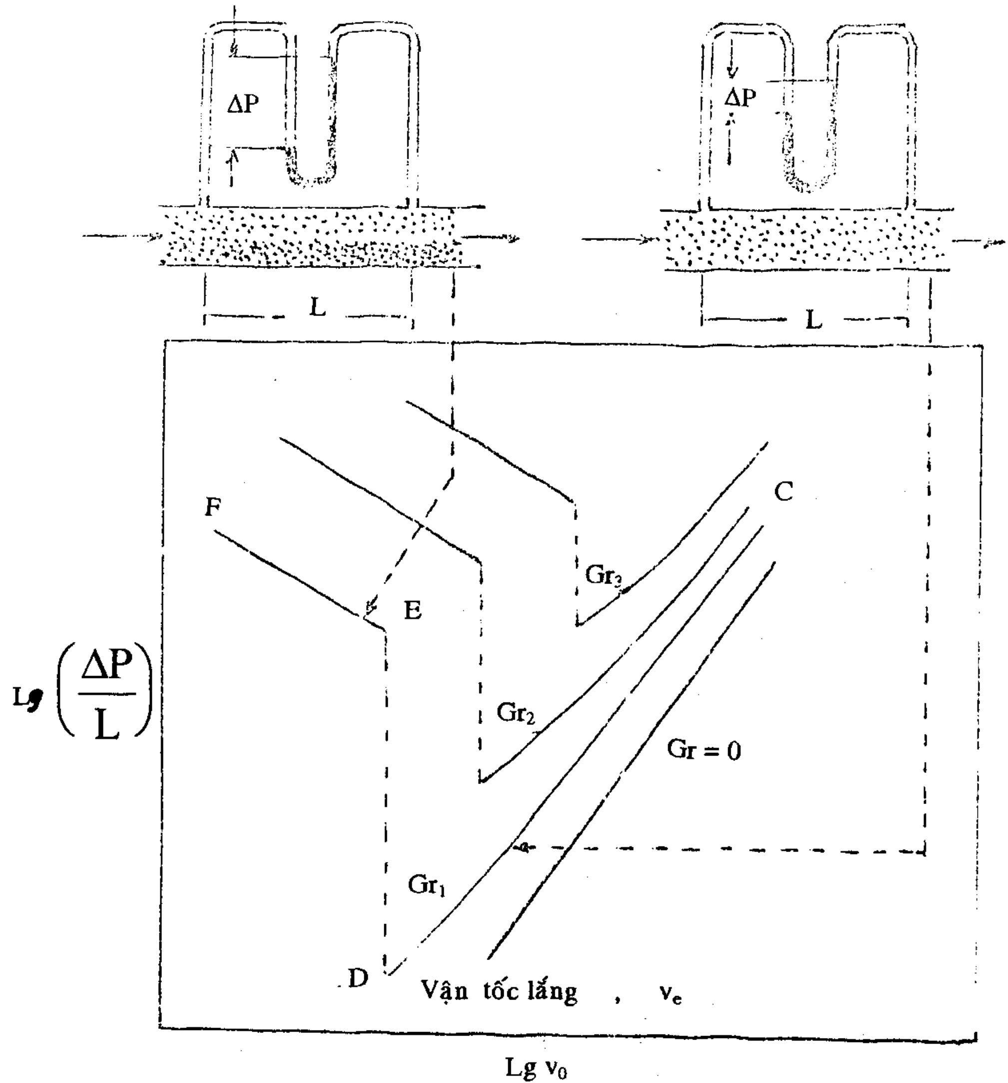
5.4.2. Vận tốc tối thiểu của dòng khí

Vận chuyển vật liệu bằng dòng khí cần vận tốc khí tương đối cao nhưng đồng thời cũng tạo nên độ giảm áp suất lớn do ma sát giữa các hạt và làm mòn nghiêm trọng đường ống. Để giảm thiểu những hiệu ứng xấu này, vận tốc khí nên giữ ở mức thấp có thể được. Điều này bị chi phối bởi các điều kiện tại đó vật liệu rắn lắng trên đường ông. Trong phần này ta sẽ xét đến vận tốc tối thiểu của dòng khí khi ống nằm ngang, thẳng đứng và nghiêng.

1) Ống nằm ngang:

Trên hình 5.21 minh họa hiện tượng lắng của hạt trên đường ống nằm ngang. Đường $G_r = 0$ biểu diễn tổn thất áp suất do ma sát khi dòng khí chuyển động không có vật liệu qua ống nằm ngang. Các đường G_{s1}, G_{s2}, biểu diễn tổn thất áp suất do ma sát của hỗn hợp khí rắn khi suất lượng vật liệu rắn là G_{r1}, G_{r2}. Với vận tốc đủ lớn các hạt chuyển động theo dòng khí ở trạng thái lơ lửng, ví dụ điểm C. Ứng với suất lượng pha rắn không đổi G_{S1}, giảm dần vận tốc dòng khí từ C đến D làm cho hạt rắn chuyển động chậm dần, độ rỗng của hỗn hợp giảm dần và tổn thất áp suất cũng giảm theo. Tại điểm D các hạt bắt đầu lắng xuống ống. Vận tốc tới hạn của dòng khí ứng với điểm D gọi là vận tốc lắng v_l, là hàm số theo suất lượng của vật liệu.

Tại điểm D tổn thất áp suất tăng vọt lên điểm E và sau đó tăng dần khi vận tốc khí giảm dần.

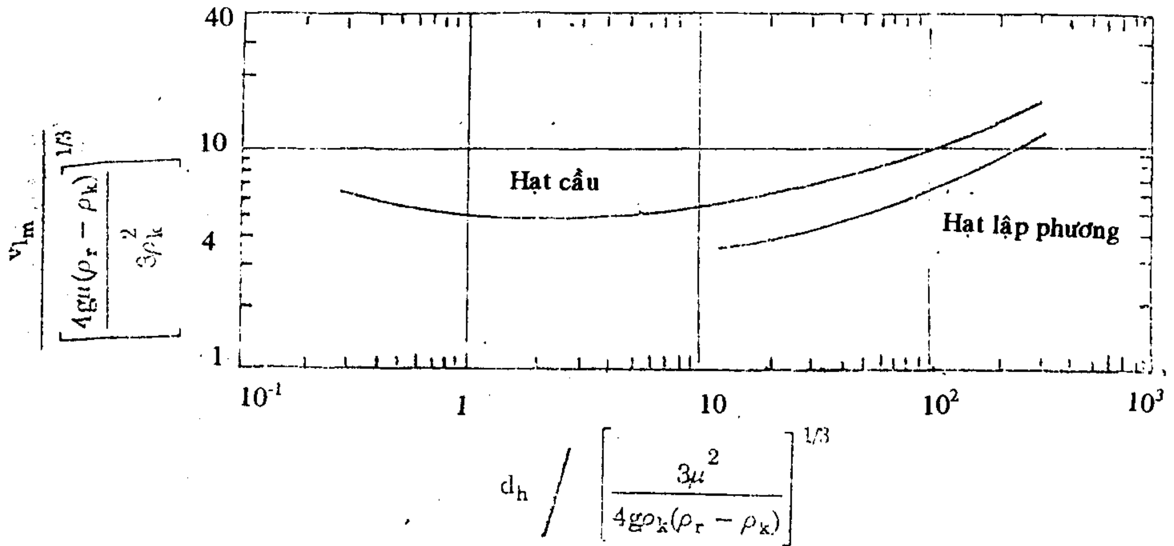


Hình 5.21: Đặc trưng vận chuyển vật liệu bằng dòng khí trong ống nằm ngang

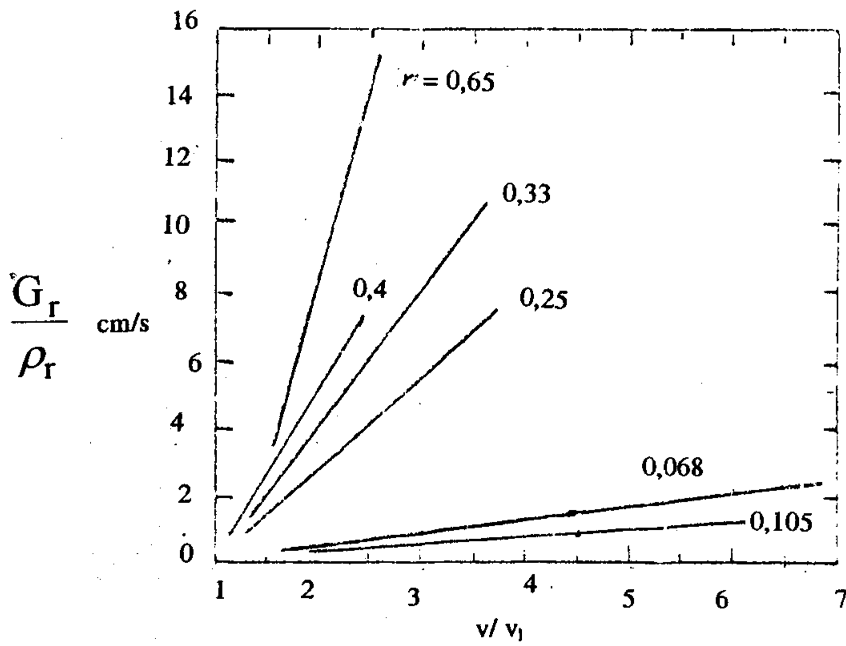
Zens đã đề nghị trình tự ước tính vận tốc lắng v_l. Với hỗn hợp rắn có kích thước khác nhau, theo hình 5.22. Ước tính vận tốc lắng $v_{l_{m1}}$ và $v_{l_{m2}}$. Sau đó xác định hệ số góc n của đoạn thẳng nối hai điểm đó, chọn vận tốc lớn hơn trong hai giá trị $v_{l_{m1}}$, $v_{l_{m2}}$. Vì số liệu trên hình 5.23 được xác định cho dòng chảy trong ống có đường kính 6,35 cm nên phải hiệu chỉnh giá trị v_l theo đường kính ống thực bằng biểu thức.

$$v_{l_m} \sim d_t^{0,4} \tag{5.35}$$

$$\frac{v_{l_m}}{\left[\dfrac{4g\mu(\rho_r - \rho_k)}{3\rho_k^2}\right]^{1/3}} \qquad d_h \Big/ \left[\frac{3\mu^2}{4g\rho_k(\rho_r - \rho_k)}\right]^{1/3}$$



Hình 5.22: Vận tốc lắng cho hỗn hợp hạt đồng nhất trong ống có đường kính 6,35 cm



Hình 5.23: Liên hệ giữa suất lượng và vận tốc lắng cho một hỗn hợp hạt

Cuối cùng theo hình 5.23 hay dùng biểu thức sau để tìm vận tốc lắng

$$\frac{G_r}{\rho_r} = \frac{G_r \rho_k}{G \rho_r} . v_l = B \frac{v_l - v_{l_m}}{v_{l_m}}, \qquad m/s \tag{5.36}$$

Trong đó $B = 21,4n^{1,5}$ với $n \geq 0,068$

$B = 0,32$ với $-0,11 \leq n \leq -0,068$

Với hỗn hợp hạt đồng nhất có cùng một kích thước do đó chỉ có một giá trị v_l nhận được từ hình 5.22 và n là hệ số góc của tiếp tuyến tại điểm đó.

Trong các biểu thức trên

v_l = vận tốc lắng của hạt trên ống nằm ngang, m/s;

v_{l_m}: vận tốc lắng tối thiểu, m/s;

ρ_r: khối lượng riêng của hạt rắn, kg/m^3;

ρ_k: khối lượng riêng của chất khí, kg/m^3;

G_r: vận tốc khối lượng của chất rắn, kg/m^2.s

G: vận tốc khối lượng của pha khí, kg/m^2.s

μ : độ nhớt của pha khí, kg/m.s

Bảng 5.18 trình bày vận tốc dòng khí để vận chuyển một số loại vật liệu trong ống nằm ngang

Thí dụ 5.1: Khối hạt hình cầu đồng nhất được vận chuyển bằng dòng khí trong ống nằm ngang có đường kính D_t = 6,35cm. Ước tính vận tốc lắng cho trường hợp sau:

a. d_h = 0,1 mm và tỉ số suất lượng là G_r/G = 1,2

b. d_h = 1 mm và tỉ số suất lượng là G_r/G = 1,2; 4; 8

Số liệu: $\rho_r = 2$g/cm^3 ; $\rho_k = 1.10^{-3}$g/cm^3 ; $\mu = 2.10^{-4}$g/cm.s

Giải

a) Với hình 5.22, ta cần xác định các giá trị

$$\left[\frac{4\,g\,\mu(\rho_r-\rho_k)}{3\rho_k^2}\right]^{1/3} = \left[\frac{4\,.\,980\,.\,(2\,.\,10^{-4})\,(2-1\,.\,10^{-3})}{3(1\,.\,10^{-3})^2}\right]^{1/3} = 80{,}54 \text{ cm/s}$$

$$\left[\frac{3\mu^2}{4\,g\,\rho_k\,(\rho_r-\rho_k)}\right]^{1/3} = \left[\frac{3(2\,.\,10^{-4})^2}{4\,.\,980\,.\,(1\,.\,10^{-3})\,(2-1\,.\,10^{-3})}\right]^{1/3} = 0{,}002483 \text{ cm.}$$

Với d_h = 0,01 cm, hoành độ trên hình 5.22 là $\frac{0{,}01}{0{,}002483} = 4{,}027$, suy ra tung độ là

$$\frac{v_{lm}}{80{,}54} = 4{,}5$$

Vậy V_{lm} = 4,5. 80,54 = 362,4 cm/s = 3,624 m/s

Và trên hình 5.22 xác định được n = 0

Thay các giá trị trên vào phương trình 5.36 cho

Bảng 5.18: Giá trị vận tốc khí an toàn cho vận chuyển một số vật liệu bằng không khí.

Vật liệu	Khối lượng riêng xốp trung bình g/cm³	Kích thước gần đúng 1mm = 1000 μ	Vận tốc khí an toàn tối thiểu (m/s)		Khối lượng riêng tối đa của hỗn hợp (g/cm³)	
			Nằm ngang	Thẳng đứng	Nằm ngang	Thẳng đứng
Than	0.72	< 12.7 mm	15.3	12.2	0.012	0.016
Than	0.72	< 6.35 mm	12.2	9.2	0.016	0.024
Lúa mì	0.75	4.76 mm	12.2	9.2	0.024	0.032
Xi măng	1.04-1.44	95% < 88 μ	7.6	1.5	0.16	0.96
Than nghiền	0.56	100% <380μ, 75% < 76μ	4.6	1.5	0.11	0.32
Tro	0,72	90% < 150μ	4.6	1.5	0.16	0.48
Bentonit	0.77-1.04	95% < 76μ	7.6	1.5	0.16	0.48
Bột silic	0.80-0.96	95% < 105μ	6.1	1.5	0.08	0.32
Đá phosphat	1.28	90% < 152μ	9.2	3.1	0.11	0.32
Muối	1.36	5% < 152μ	9.2	3.1	0.08	0.24
Soda ash (nhẹ)	0.56	66% < 105μ	9.2	3.1	0.08	0.24
Soda ash (nặng)	1.04	50% < 177μ	12.2	3.1	0.048	0.16
Sulfat sodium	1.28-1.44	100% < 500μ, 55% < 105μ	12.2	3.1	0.08	0.24
Bauxit nghiền	1.44	100% < 105μ	7.6	1.5	0.13	0.64
Alumina	0.93	100% < 105 μ	7.6	1.5	0.096	0.48
Magnesite	1.60	90% < 76μ	9.2	3.1	0.16	0.48
Dioxid Uranium	3.52	100% < 152μ, 50% < 76μ	18.3	6.1	0.16	0.96

$$(1,2)\left(\frac{1.10^{-3}}{2}\right)v_l = 0,32\frac{v_l - 362,4}{362,4}$$

Từ đó xác định được v_l = 1131 cm/s = 11,31 m/s

b) Với d_h = 0,1 cm tính tương tự như trên, hoành độ trên hình 5.23 là 40,27

V_{lm} = 7.80,54 = 563,8 cm/s

n = 0,3

B = 21,4. $(0,3)^{1,5}$ = 3,507

Từ đó ta có kết quả sau:

G_r/G	1,2	4	8
v_l, m/s	6,3	8,3	15,9

Thí dụ 5.2 Tính vận tốc lắng cho hỗn hợp hạt có phân phối kích thước từ d_h = 1mm đến d_h = 0,1mm , vận chuyển bằng dòng khí trong ống nằm ngang có đường kính D_t = 10cm. Tỉ số khối lượng chất rắn trên chất khí là 1,2. Các tính chất vật liệu giống như ở thí dụ trên

Giải

Từ thí dụ 5.1 ta có lần lượt v_l = 362,4cm/s và 563,8cm/s cho các hạt có đường kính d_h = 0,01 và 0,1 cm chuyển động trong ống có đường kính 6,35cm. Kế đó tang của đường thẳng nối hai điểm đó trên hình 5.22 là n =0,167. Chọn giá trị lớn hơn trong hai giá trị v_{lm} và hiệu chỉnh theo phương trình 5.35 cho đường kính ống. Như vậy với ống 10cm, vận tốc lắng là:

$$\frac{v_{lm}}{563,8} = \left(\frac{10}{6,35}\right)^{0,4}$$

suy ra v_{lm} = 676cm/s

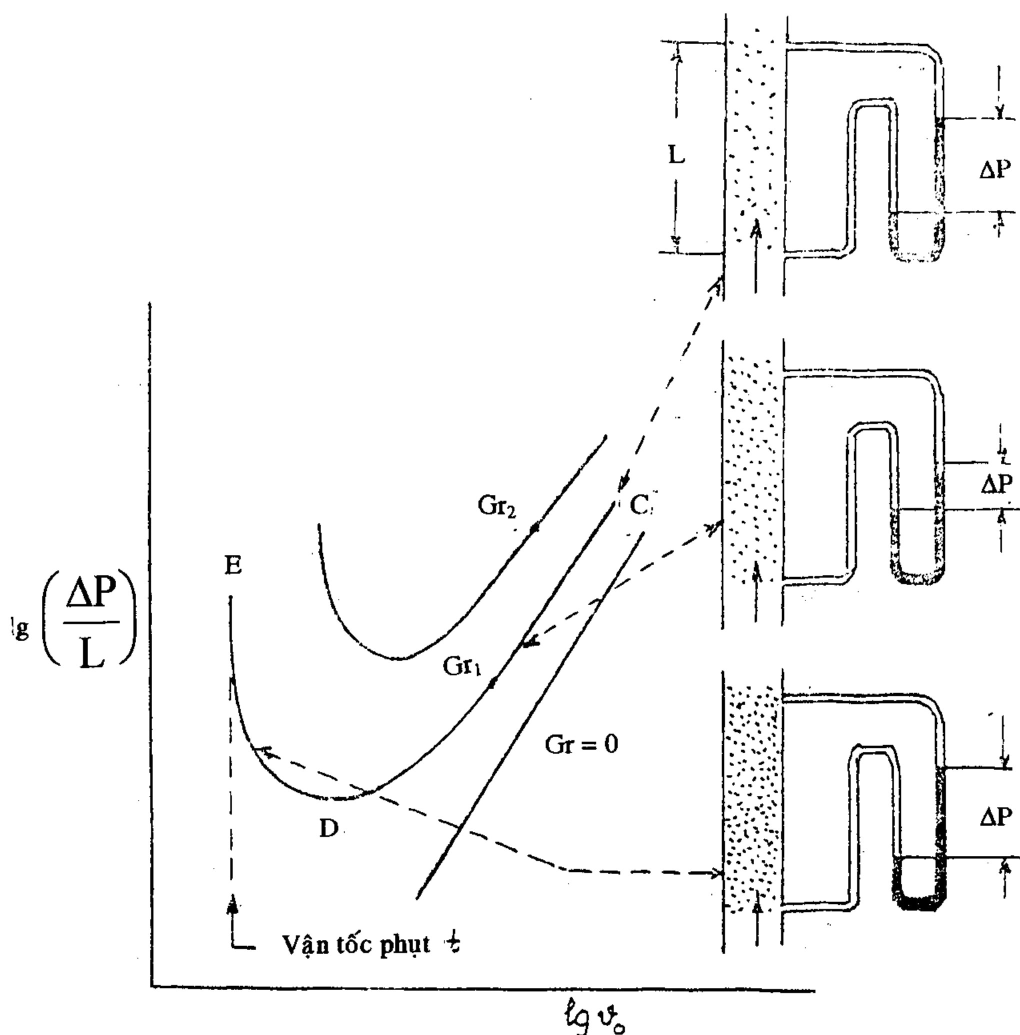
Thay vào phương trình 5.36 ta được

$$1,2\left(\frac{1.10^{-3}}{2}\right)v_l = \left[21,4(0,167)^{1,5}\right]\frac{v_l - 676}{676}$$

vậy v_l = 935cm/s = 9,35 m/s

2) Ống thẳng đứng (hình 5.24)

Hình 5.25 minh họa vận tốc phụt cho trường hợp vận chuyển hỗn hợp rắn bằng dòng khí thổi thẳng đứng với suất lượng pha rắn không đổi G_r khi giảm dần vận tốc khí giả sử từ điểm C thì tổn thất áp suất do ma sát cũng giảm theo. Trong vùng từ C đến D trở lực do ma sát chiếm ưu thế. Vận tốc khí tiếp tục giảm sẽ làm tăng mật độ hạt, trở lực thủy



Hình 5.24 Đặc trưng vận chuyển vật liệu bằng dòng khí trong ống thẳng đứng.

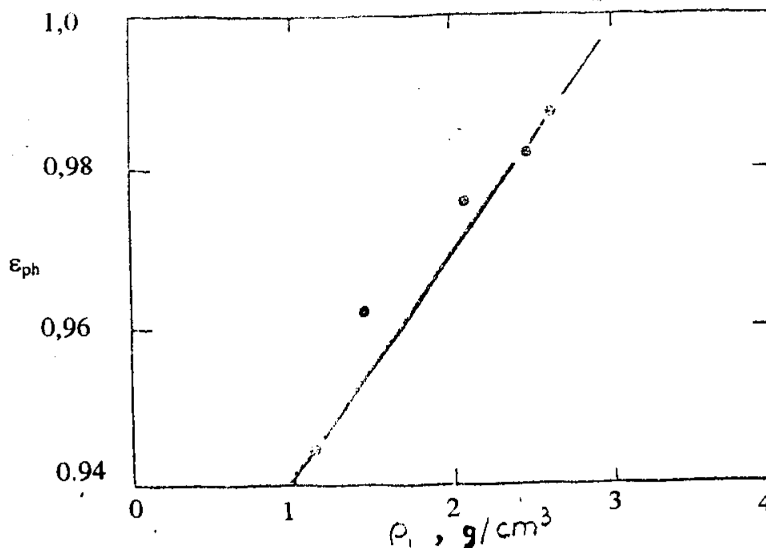
tĩnh chiếm ưu thế làm độ giảm áp suất tăng. Đến điểm E pha rắn ngừng chuyển động, hệ thống ở trạng thái nghẹt. Vận tốc biểu kiến của pha khí tại điểm E được gọi là vận tốc phụt v_{ph}.

Điều kiện tới hạn khi hỗn hợp khí rắn ngưng chuyển động có thể biểu diễn bằng biểu thức sau :

$$G_{r,ph} = \rho_r(1 - \varepsilon_{ph})(v_{ph} - v_t), \quad g/cm^2.s \tag{5.37}$$

với v_t là vận tốc cân bằng ứng với hạt lơ lửng trong dòng khí, cm/s. Ngoài ra từ kết quả thực nghiệm còn cho thấy rằng độ rỗng tới hạn ε_{ph} tùy thuộc vào khối lượng riêng của chất rắn và độc lập với kích thước hạt trong khoảng đường kính hạt từ 0,17 đến 1,68 mm và vận tốc khối lượng của pha rắn như trên hình 5.25

Zens và Othmer đề nghị rằng với hỗn hợp hạt có kích thước đồng nhất thì vận tốc phụt có thể lấy gần bằng vận tốc lắng. Ngoài ra với hỗn hợp hạt có kích thước khác nhau vận tốc phụt v_{ph} nhỏ hơn vận tốc lắng v_l nên lấy giá trị v_l là an toàn.



Hình 5.25 Độ rỗng của hỗn hợp khí- rắn trong dòng vận chuyển thẳng đứng tại vận tốc phụt.

Số liệu thực tế liên hệ đến vận tốc phụt và vận tốc lắng được trình bày trên bảng 5.18, từ đó ta có thể kết luận

Với hỗn hợp hạt đồng nhất $v_{ph} \approx v_l$

Hỗn hợp hạt có kích thươc khác nhau

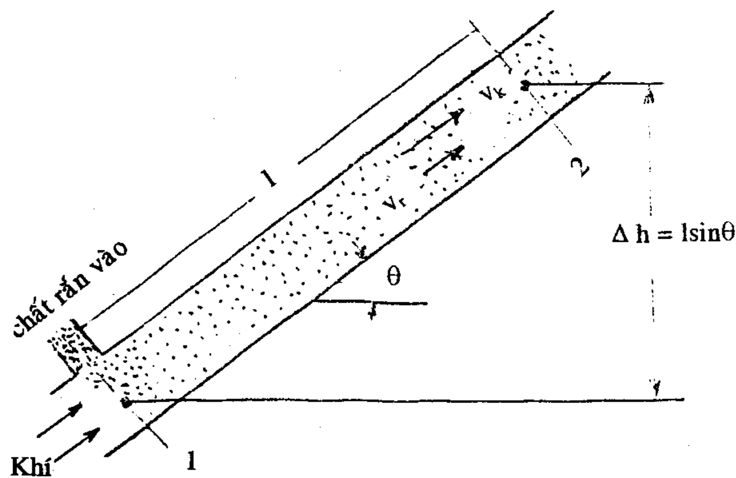
$$v_{ph} \approx \left(1/3 \text{ đến } 1/5\right) v_l$$

*3) **Ống nghiêng:***

Theo Zens và Othmer v_l và v_{ph} không biến đổi đáng kể nếu ống nghiêng 10^o so với mặt phẳng ngang hoặc 8^o so với mặt phẳng đứng. Ngoài ra, thực nghiệm còn cho thấy ở vị trí trung gian 22 đến 45^o so với mặt phẳng ngang, vận tốc lắng có giá trị lớn hơn 1,5 đến 3 m/s so với dòng chảy nằm ngang.

5.4.3. Độ giảm áp suất của dòng khí:

Sai biệt áp suất giữa hai điểm trên đường ống vận chuyển vật liệu bằng dòng khí được xác định bằng phương trình Bernoulli hiệu chỉnh cho dòng chảy hai pha khí- rắn thay vì một pha. Xét một đường ống nghiêng một góc θ so với mặt phẳng ngang và vật liệu rắn được đưa vào tại điểm 1 như trên hình 5.26. Dòng khí chuyển động với vận tốc cao nên động năng của hạt rắn được gia tốc là đáng kể



Hình 5.26: Cân bằng cơ năng cho hỗn hợp khí - rắn

và phải được xét đến. Tuy nhiên, vì phân khối lượng của chất rắn trong dòng khí là nhỏ nên sự biến đổi vận tốc và do đó là biến đổi động năng cũng không đáng kể nên có thể bỏ qua. Trong điều kiện như vậy sự sai biệt áp suất dùng để khắc phục: tổn thất thủy tĩnh, động năng của vật liệu, tổn thất do ma sát giữa hỗn hợp và tường ống, hay

$$p_1 - p_2 = \bar{\rho}\, g\,(h_2 - h_1) + v_r G_r + \Delta p_f \qquad (5.39)$$

Trong đó:

$$G = v_o \rho_k = v_k \rho_k \varepsilon \qquad (5.40)$$

$$G_r = v_r \rho_r (1 - \varepsilon) \qquad (5.41)$$

$$\text{và } \bar{\rho} = \rho_r (1 - \varepsilon) + \rho_k \varepsilon = \frac{G_r}{v_r} + \frac{G}{v_k} = \rho_k \varepsilon \left(\frac{G_r v_k}{G\, v_r} + 1 \right) \qquad (5.42)$$

Dưới dạng gia tốc

$$v_r G_r = v_r \left(\rho_k v_o \right) \left(\frac{G_r}{G} \right)$$

Nếu chất rắn hoàn toàn có gia tốc trong ống nằm ngang hoặc thẳng đứng , ta có:

$$v_r \approx v_k - v_t$$

với sai số $\pm 20\%$

Với dòng chuyển động thẳng đứng từ trên xuống hay dòng chuyển động hạt rất mịn có chiều bất kỳ, ta có biểu thức gần đúng.

$$v_r \approx v_k = \frac{v_o}{\varepsilon} \approx v_o \qquad (5.43)$$

Nếu tại hai vị trí trên, vật liệu rắn có vận tốc gần bằng vận tốc cân bằng thì có thể bỏ qua số hạng gia tốc.

Tổn thất áp suất do ma sát trong phương trình (5.39) có thể ước tính theo một số cách. Một trong những phương pháp tính gần đúng như sau:

$$\bar{\rho} = \frac{G_r}{G} \frac{v_o}{v_r} \rho_k \qquad (5.44)$$

$$\text{và } \Delta p_f = 2 f'_r \frac{\bar{\rho}\, v_o^2\, l}{D_t} = 2 f'_r \frac{v_o}{v_r} \frac{G_r}{G} \frac{\rho_k v_o^2\, l}{d_t} \qquad (5.45)$$

trong đó f'_r được cho trong bảng 5.19. Biểu thức gần đúng này với khối lượng riêng trung bình tương đương cho hỗn hợp giả sử là không quá loãng, hay $G_{tr}/G >> 1$ trong phương trình (5.42)

Bảng 5.19 Giá trị của hệ số f'$_r$ theo vận tốc khí

Vật liệu và kích thước	Đường kính ống D_t, mm	Vận tốc dòng khí, V_o, m/s					
		5	10	15	20	30	40
Đá vôi kích thước khác nhau đến 3,2mm	Ống nằm ngang 51	0,020	0,017	0,004	0,0033	0,0033	0,0033
Muối 76-252μ	Ống nằm ngang 44,4	0,030	0,0065	-	-	-	-
	Ống đứng 44,4	0,035	0,018	0,016	-	-	-
Cát 0,8 - 1,4mm	Ống nằm ngang 44,4	0,018	0,005	0,0045	-	-	-
Than 0 - 1mm	Ống nằm ngang 25,4	-	-	0,0014	0,0011	0,0011	-

Theo Rose và Barnacle thì số hạng tổn thất do ma sát trong phương trình 5.39 có thể biểu diễn theo hai số hạng: cho khí và cho chất rắn, hay

$$\Delta p_f = \Delta p_{fk} + \Delta p_{fr} \tag{5.46}$$

Theo phương trình Fanning

$$\Delta p_{fk} = \frac{2\, f_k \rho_k v_o^2 l}{D_t} \tag{5.47}$$

trong đó f_k cho dòng khí nguyên chất được xác định bằng thực nghiệm là

$$f_k = 0{,}0791 \left(\frac{\rho_k v_o D_t}{\mu}\right)^{-0,25} \quad \text{với } 3000 < Re < 10^8 \tag{5.48}$$

$$f_k = 0{,}0008 + 0{,}0552 \left(\frac{\rho_k\, v_o\, D_t}{\mu}\right)^{-0,237} \quad \text{với } 10^5 < Re < 10^8$$

và ΔP_{fr} trong phương trình (5.46) được tính theo

$$\Delta P_{fr} = \frac{\pi}{2} f_r \left(\rho_k\, v_o^2/2\right) \left(\rho_r / \rho_k\right)^{1/2} . \frac{1}{D_t} . \frac{G_r}{G}$$

$$= \frac{\pi}{8} \frac{f_r}{f_k} \left(\frac{\rho_r}{\rho_k}\right)^{1/2} \frac{G_r}{G} . \Delta P_{fk} \tag{5.49}$$

trong đó f_r được cho trên hình 5.27. Các kết quả này dựa trên các thí nghiệm với hạt có đường kính từ 0,51mm đến 2 mm được vận chuyển bằng không khí trong ống có đường

kính 19mm và 31,8mm.

Thí dụ 5.3 Tìm độ giảm áp của dòng khí để vận chuyển vật liệu qua ống nằm ngang có đường kính 10cm và dài 10m. Tại hai đầu của đoạn ống chất rắn hoàn toàn lơ lửng và chuyển động cùng dòng khí.

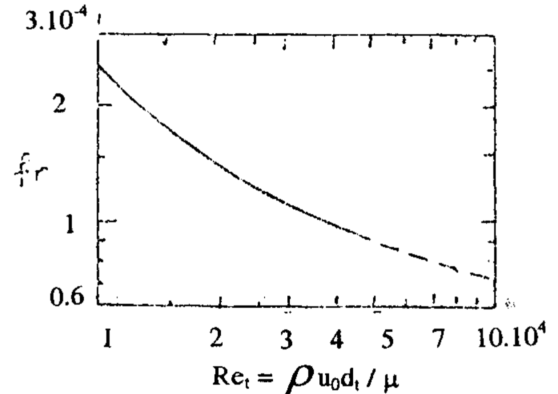
Số liệu

Chất rắn :

$d_h = 0{,}02cm$, $\rho_r = 2g/cm^3$, $v_t = 130\,m/s$

Chất khí:

$\rho_k = 1 \,.\, 10^{-3} g/cm^3$, $\mu = 2 \,.\, 10^{-4}$ g/cm.s, $v_o = 20m/s$



Hình 5.27 Hệ số ma sát hạt f_r theo số Reynolds, đường gạch gạch là ngoại suy.

Tỉ số khối lượng $G_r / G = 10$ Từ bảng 5.19 lấy $f'_r = 0{,}0011$

Giải

Cho $\varepsilon = 1$ (Giả sử gần đúng cho trường hợp này). Khối lượng riêng trung bình của hỗn hợp theo phương trình 5.42

$$\bar{\rho} = (1.10^{-3})\left(10\frac{2000}{2000-130} + 1\right) = 0{,}01170 g/cm^3 = 11{,}70 kg/m^3$$

Để so sánh, theo biểu thức gần đúng 5.44

$$\bar{\rho} = (1\,.\,10^{-3})\left(10\frac{2000}{2000-130}\right) = 0{,}01070 g/cm^3 = 10{,}70 kg/m^3.$$

Trong thí dụ này hai biểu thức không khác nhau nhiều vì $G_r / G >> 1$

Ngoài ra, vì ống nằm ngang nên có thể bỏ qua gia tốc của hạt rắn và độ giảm áp của dòng khí trong phương trình 5.39 chỉ dùng để khắc phục tổn thất do ma sát

$$p_1 - p_2 = \Delta p_f$$

Tổn thất ma sát có thể được ước tính theo hai phương pháp

Phương pháp 1: Dùng phương trình 5.45 và bảng 5.19

$$p_1 - p_2 = \Delta p_f = 2\,(0{,}0011)\,\frac{(10{,}700)\,(20)^2\,(10)}{0{,}10} = 941{,}6\ N/m^2$$

Chú ý là nên dùng phương trình gần đúng (5.44 để tính khối lượng riêng vì đây là phương trình làm cơ sở cho hệ số ma sát

Phương pháp 2:

Dùng phương trình 5.46 đến 5.49

$$Re_t = \frac{(1kg/m^3)(0,10m)(20m/s)}{(2.10^{-5}kg/m.s)} = 10^5$$

và $$f_K = \frac{0,00445 + 0,00441}{2} = 0,00443$$

do đó $$\Delta p_{fk} = \frac{2\,(0,00443)\,(1)\,(20)^2\,(10)}{0,1} = 354,4\,N/m^2$$

Nếu có chất rắn, hình 5.27 cho $f_r = 0,7\,10^{-4}$

Thay vào phương trình 5.49 cho

$$\Delta p_{fr} = \frac{\pi}{8}\left(\frac{0,7.10^{-4}}{4,43.10^{-3}}\right)\left(\frac{2000}{1}\right)^{1/2}(10)\,(354,4) = 983\,N/m^2$$

Tổng tổn thất do ma sát

$$\Delta p_f = 354,4 + 983 = 1337,4 N/m^2$$

So sánh kết quả giữa hai phương pháp là tương đối phù hợp với sai số khoảng 30%

Thí dụ 5.4: Tính độ giảm áp cho thí dụ 5.3 với dòng vật liệu chuyển động thẳng đứng từ dưới lên với khoảng cách giữa hai điểm là 10m.

Giải

Áp dụng phương trình 5.39

$$p_1 - p_2 = \bar{\rho}\, g\,(h_2 - h_1) + v_r G_r + \Delta p_f$$

Trong đó $v_r\, G_r = v_r\, v_o\, \rho_k\, (G_r/G)$

Vậy

$$p_1 - p_2 = (11,70)\,(9,81)\,(10) + (20 - 1,3)\,(20)\,(1)\,(10) + \Delta p_f$$

Nếu theo phương pháp 1:

$$p_1 - p_2 = 1147,8 + 3740 + 941,6 = 5829,4 N/m^2$$

Nếu theo phương pháp 2:

$$p_1 - p_2 = 1147,8 + 3740 + 1337,4 = 6225,2 N/m^2$$

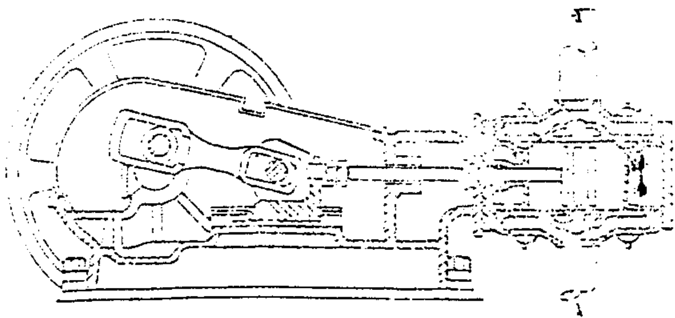
Bảng 5.20: Vận tốc không khí cần thiết để vận chuyển vật liệu rắn có khối lượng riêng xốp thể tích khác nhau.

Khối lượng riêng xốp, kg/m^3	Vận tốc không khí, m/s	Khối lượng riêng, kg/m^3	Vận tốc không khí, m/s
160	14,50	1120	38,50
240	17,95	1200	40,00
320	20,60	1280	41,25
400	23,00	1360	42,50
480	25,25	1440	43,50
560	27,50	1520	45,00
640	29,20	1600	46,00
720	30,90	1680	47,25
800	32,50	1760	48,50
880	34,00	1840	49,50
960	35,75	1920	50,25
1040	37,25		

5.4.4 Máy thổi khí:

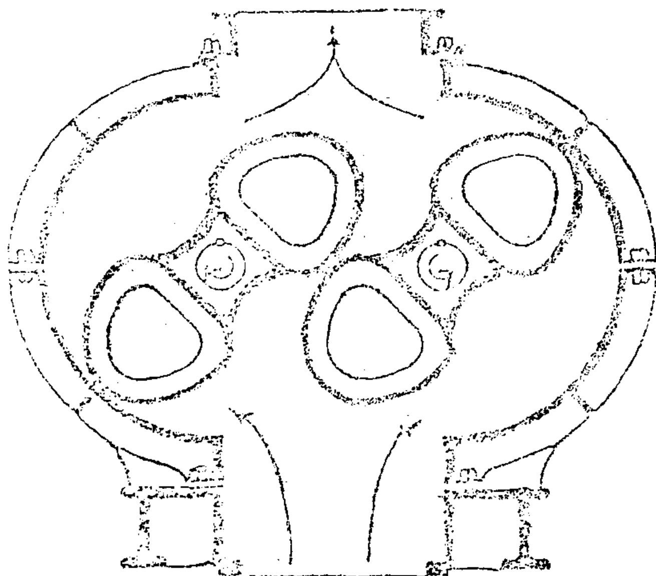
Trong các hệ thống vận chuyển bằng không khí thì máy thổi khí là bộ phận quan trọng nhất. Các máy thổi khí cần phải đạt các yêu cầu sau: vững vàng, thao tác đơn giản, năng suất cao mà tiêu tốn năng lượng ít nhất, năng suất ổn định khi cần thay đổi chế độ làm việc trong mạng ống, có thể làm việc với không khí bụi bẩn và đáng tin cậy trong mọi chế độ vận hành.

Các máy thổi khí dùng trong hệ thống vận chuyển vật liệu bằng không khí được chia làm hai loại: loại pittông và loại ly tâm. Các máy thổi khí pittông còn được chia ra máy có pittông chuyển động tịnh tiến qua lại (hình 5.28) và máy có pittông quay (hình 5.29)



Hình 5.28: Máy thổi khí pittông

Nhược điểm của máy thổi khí



Hình 5.29: Máy thổi khí pittông quay

pittông có pittông chuyển động tịnh tiến qua lại là kích thước lớn, không cân bằng, móng máy đồ sộ, không khí phải lọc thật sạch, tốn nhiều nước để làm nguội máy.

Năng suất của máy thổi khí có pittông tịnh tiến qua lại xác định theo công thức.

$$Q = S_p \, l \, n \, m \, \lambda \text{ , m}^3\text{/ph} \qquad (5.50)$$

Trong đó:

S_p: tiết diện của pittông, m^2

l: khoảng chạy của pittông, m

n: số vòng quay của động cơ, v/ph

m: số pittông

λ: hệ số đẩy không khí, λ = 0,85 - 0,93

Công suất động cơ của các máy thổi khí được tính theo công thức sau.

$$N = \frac{23000 P_1 \lg\frac{P_2}{P_1} Q}{60 \, . \, 102 \eta_1 \eta_{ck} \eta_{đc}}, \quad \text{kW} \qquad (5.51)$$

với

P_1: áp suất hút tuyệt đối, at

P_2: áp suất nén tuyệt đối, at

Q: năng suất tính theo phương trình (5.50)

η_1: hiệu suất đẳng nhiệt

η_{ck}: hiệu suất cơ khí

$\eta_{đc}$: hiệu suất động cơ

Thường có thể lấy $\eta = \eta_1 \eta_{ck} \eta_{đc}$ = 0,8

Máy thổi khí có pittông quay có hiệu suất thấp hơn nhiều so với các máy thổi khí khác, nhưng vì có nhiều ưu điểm (như bền vững, quay nhanh, cân bằng các khối chuyển động, có khả năng làm việc với không khí có bụi bẩn và khối lượng máy nhỏ) nên được dùng rộng rãi trong sản xuất, đặc biệt là trong các hệ thống vận chuyển có năng suất không lớn lắm.

Máy thổi khí pittông quay gồm có hai pittông quay ngược chiều nhau. Trong một vỏ gang giữa các pittông với thành vỏ máy và giữa pittông này với pittông kia có khe hở nhỏ khi máy làm việc thì các pittông hút không khí vào qua cửa hút và đẩy không khí ra cửa xả.

Năng suất của máy thổi khí pittông quay xác định theo công thức

$$Q = 2\pi r^2 l \varphi \psi n, \qquad m^3/ph \tag{5.52}$$

Trong đó:

r: bán kính của pittông quay, m

l: chiều dài của pittông quay, m

$\varphi = S / \pi r^2$: hệ số hình dáng của pittông

S: diện tích chiếm chỗ của không khí trong vỏ máy, m^2

ψ: hệ số kín thường lấy bằng 0,75 - 0,80

n: số vòng quay của pittông trong 1 phút

Công suất cần thiết cho máy thổi khí có thể xác định theo công thức

$$N = \frac{Q_t \cdot H}{10^3 \eta_m \cdot \eta_{ck}}, \qquad kW \tag{5.53}$$

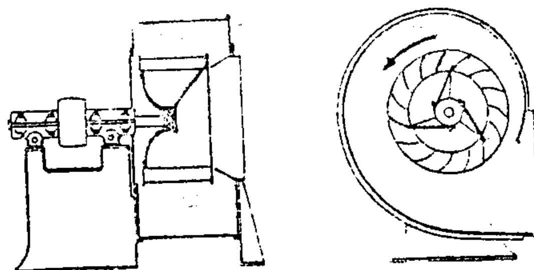
trong đó:

Q_t: lượng không khí tiêu tốn thực tế, m^3/s;

H: tổng tổn thất áp suất trong hệ thống, N/m^2

η_m: hiệu suất của máy thổi khí $\eta_m = 0,7 \div 0,8$; η_{ck}: hiệu suất cơ khí, xét đến ma sát ở bộ truyền động bánh răng, ở ổ trục và các tổn thất khác $\eta_{ck} = 0,87 - 0,94$

Tùy theo khả năng tạo chân không mà các máy thổi khí ly tâm được chia làm hai loại: máy quạt (hình 5.30) và máy thổi khí turbin (hình 5.31)



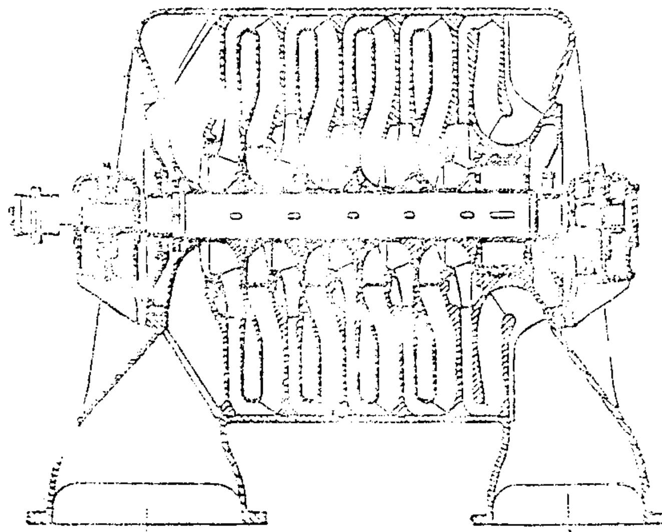
Hình 5.30: Quạt khí ly tâm

Máy quạt có thể tạo được áp suất đến 1000 mm cột nước; các máy thổi khí turbin tạo được áp suất trên 1000 mm cột nước.

Trong các hệ thống vận chuyển bằng không khí với nồng độ hỗn hợp không lớn lắm người ta dùng máy quạt có áp suất cao.

Các máy thổi khí turbin dùng cho những hệ thống vận chuyển với nồng độ chất rắn trong hỗn hợp cao. Khác với các máy quạt, các máy thổi khí turbin gồm có một dãy guồng lắp nối tiếp trên một trục và quay trong vỏ máy, không khí được máy hút vào lần lượt đi qua tất cả các guồng và cuối cùng được đưa ra ống đẩy.

Năng suất, áp suất và công suất cần thiết của các máy thổi khí ly tâm đều phụ thuộc vào số vòng quay của nó và được biểu diễn bằng các tỉ số sau đây.



Hình 5.31: Máy thổi khí tuốc bin

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \left(\frac{N_1}{N_2}\right) = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \qquad (5.54)$$

Nhược điểm cơ bản của loại máy thổi khí ly tâm là khi thay đổi số vòng quay và trở lực thì lưu lượng không khí được vận chuyển cũng thay đổi, từ đó năng lượng tiêu tốn cũng biến đổi theo.

Để đề phòng những trường hợp thay đổi chế độ làm việc có thể xảy ra của máy thổi khí người ta lắp thêm các bộ phận điều chỉnh đặc biệt có van tiết lưu ở cửa hút (hoặc đẩy) để khống chế áp suất ở một mức nhất định và kèm theo là khắc phục được tình trạng dao động về công suất của máy.

Bảng 5.21: Công suất ước tính để vận chuyển vật liệu bằng không khí (Hạt nhựa hình khối cạnh 3 - 4 mm, khối lượng riêng xốp bằng 480kg/m^3, chiều dài tương đương của hệ thống là 180m.

Suất lượng hạt vận chuyển kg/h	Đường kính trong ống vận chuyển, mm	Công suất cần thiết ước tính, Hp
4.500	100	25
11.250	150	60
22.500	150	125
45.000	200	2 00

§ BÀI TẬP:

5.1. Tính vận tốc lắng cho hạt hình cầu có kích thước đồng nhất d_h = 0,8mm được vận chuyển bằng dòng khí trong ống nằm ngang có đường kính D_t = 10cm với tỉ số $G_r / G = 4$. Tính chất của chất rắn và chất khí như trong thí dụ 5.1

5.2. Tính vận tốc lắng cho hỗn hạt có kích thước từ 0,06 - 1mm được vận chuyển bằng dòng khí trong ống nằm ngang có đường kính D_t = 12cm với tỉ số $G_r / G = 4$. Tính chất của chất rắn và chất khí như trong thí dụ 5.1

5.3. Tính vận tốc phụt cho hạt có kích thước đồng nhất d_h = 0,1mm với tỉ số $G_r / G = 30$. Cho biết $\rho_r = 2500 kg/m^3$, v_t = 1m/s, $\rho_k = 0,8 kg/m^3$

5.4. Tính độ giảm áp của pha khí qua ống nằm ngang có đường kính 15 cm dài 100 m để vận chuyển chất rắn. Cho biết

$$d_h = 0,01cm, \quad \rho_r = 2500 kg/m^3, \quad v_t = 1 m/s$$

$$\rho_k = 1 kg/m^3, \mu = 2 \cdot 10^{-5} kg/m.s, \quad v_o = 25 m/s$$

$$G_r / G = 15$$

5.5. Tính độ giảm áp của dòng khí qua ống thẳng đứng có đường kính D_t = 10cm, cao 15m để vận chuyển chất rắn từ dưới lên. Cho biết :

$$d_h = 200\mu, \quad \rho_r = 2000 kg/m^3, \quad v_t = 15 m/s$$

$$G_r / G = 20, \quad v_t = 1,30\ m/s, \rho_k = 1\ kg/m^3$$

$$\mu = 2 \cdot 10^{-5}\ kg/m.s\ .$$

Tài liệu tham khảo

1) A. Ia. Xokolov, "Cơ sở thiết kế máy chế biến thực phẩm", nhà xuất bản KHKT, 1976.

2) Alecsandrov M.P - "Podiomno - transportnưi masinư"., Moskva, Vưsaia scola, 1979.

3) Blintrev V.N - "Sovremenưi construcsi masin i aparatov khimitresku proivodstvo". Ivanovo - 1985.

4) Blintrev V.N "Oboruđovanie dlia izmeltrenie tverdưc material " Ivanovo, 1979.

5) Daizo Kunii & Octave Levenspiel, "Fluidization Engineering", John-Wiley & sons, 1969

6) Đào Trọng Thường và các tác giả, "Máy nâng chuyển" - Tập 3, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 1986

7) Đoàn Dụ và các tác giả "Công nghệ và các máy chế biến lương thực", Nhà xuất bản KHKT, 1983.

8) Elie Condolios và Edmond E. Chapus ,"Design Solids - Handling pipelines ", Chem. Eng, July 8, 1963.

9) F.E. D'Arcy - Smith, "Bulk Handling of powders in the Chemical industry, British Chem. Eng, Vol. 6 No.10, Oct 1961

10) G.G Brown, "Unit Operations", John-Wiley & sons,

11) Gortinski V.V - "Prosessu separirovania na zerno-pererabatưvaiuxic predpriatia ", Moskva, Kolos 1980

12) Nguyễn Minh Tuyển, "Các máy khuấy trộn trong công nghiệp", Nxb Khoa học Kỹ thuật, 1987.

13) N. Pilpel, "The flow of powders and granular solids ", British Chem Eng, Vol II, No 7, July 1966

14) Robert . 4. Perry, "Chemical Engineers "Handbook " 5th ed Mc - Graw Hill 1973

15) W . L Me Cabe & J.C Smith, "Unit Operations of Chemical Engineering", Mc - Graw Hill, 1967

16) "A complete guide to Solids Handling" Chemical Engineering deskbook issue, Oct. 13, 1969, Mc Graw Hill

17) "Hosokawa product Handbook ". Hosokawa Micron Corp, July 1993, Japan.

18) "Solids Separation", Chemical Engineering, deskbook issue, Feb. 15.1971 Mc. Graw Hill.

MỤC LỤC

CƠ HỌC VẬT LIỆU RỜI

Chịu trách nhiệm xuất bản :

PGS. PTS. TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập : ĐẶNG NGỌC

Sửa bản in : HUỲNH LƯƠNG

In 1.000 cuốn, khổ 19 x 27 cm tại Nhà in Trường Kỹ thuật nghiệp vụ công nghiệp. Giấy phép xuất bản số 290-10/CXB của Cục Xuất bản cấp ngày 9-6-1998. In xong và nộp lưu chiểu tháng 12 năm 1998.